Über die arteriellen Gefäßstämme bei den Teleostiern

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der

Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Siegfried Petukat

aus Ratingen

1966

1. Referent: Prof. Dr. K. Günther

2. Referent: Prof. Dr. W. Ulrich

Tag der mündlichen Prüfung: 4. März 1965

Tag der Promotion: 18. FEB. 1966

D 188

Veröffentlicht 1965 in: Zoologische Beiträge, Neue Folge, Band 11, Heft 3.

Verlag: Duncker & Humblot, Berlin 41

(Aus dem I. Zoologischen Institut der Freien Universität Berlin, Direktoren: Professoren Dres. W. Ulrich, F. Peus, K. Günther).

Über die arteriellen Gefäßstämme bei den Teleostiern*

Von

SIEGFRIED PETUKAT

(Mit 34 Abbildungen)

Eingegangen am 5. März 1965.

Inhaltsverzeichnis

A. Aufgabenstellung S. 437. — B. Material und Technik S. 438. — C Beschreibung eigener präparativer Ergebnisse an sieben Teleostierarten S. 439. — 1. *Clupea harengus* (Hering) S. 440. — 2. *Coregonus lavaretus* (Große Maräne) S. 450. — 3. *Osmerus eperlanus* (Stint) S. 453. — 4. *Belone belone* (Hornhecht) S. 458. — 5. *Scomber scomrus* (Makrele) S. 463. — 6. *Trigla gurnardus* (Grauer Knurrhahn) S. 469. — 7. *Pleuronectes platessa* (Scholle) S. 475. — D. Vergleiche unter Berücksichtigung der Literatur S. 477. — I. Alphabetisches Verzeichnis aller berücksichtigten Gattungen S. 477. — II. Versuch einer funktionellen Interpretation der Befunde S. 479. — 1. Die Arterien der Kiemenbögen S. 479. — 2. Das hypobranchiale arterielle Gefäßsystem S. 483. — 3. Die Arteria mandibularis afferens, die Versorgung der Pseudobranchie und die Arteria pseudobranchialis efferens S. 488. — 4. Das epibranchiale arterielle Gefäßsystem S. 492. — 5. Die Kopfarterien S. 501. — 6. Die Versorgung der Organe der Leibeshöhle S. 503. — 7. Abänderungen des arteriellen Gefäßsystems beim Auftreten akzessorischer Atmungsorgane S. 505. — III. Zur Frage einer Gruppenspezifität in der Anordnung arterieller Gefäße bei den Teleostiern S. 508. — E. Zusammenfassung S. 511. — F. Verzeichnis der Abkürzungen S. 512. — G. Literaturverzeichnis S. 513.

A. Aufgabenstellung

Seit Joh. Müller, auch hier im wesentlichen auf eigene Untersuchungen angewiesen, 1841 sein, eine Fülle von Anregungen enthaltendes, Werk „Vergleichende Anatomie der Myxinoiden III" mit einer vergleichenden Behandlung des Blutgefäßsystems der agnathen und der gnathostomen Fische veröffentlicht hatte, sind über das Blutgefäßsystem bei Fischen zahlreiche Arbeiten verfaßt worden. Doch haben die meisten dieser Arbeiten das Blutgefäßsystem von „Nicht-Teleostiern" zum Gegenstand, bzw. sie befassen sich bei Teleostiern in spezieller Fragestellung nur mit einem

* D 188

Teilsystem. Die Ergebnisse dieser angesichts der großen Artenzahl der Teleostier doch spärlichen Untersuchungen haben in verallgemeinernder Weise mit zusammenfassenden Darstellungen (Goodrich 1930, Grodzinski 1938, Hafferl 1933) ihren Niederschlag gefunden.

So war es ein Motiv für die Durchführung dieser Arbeit, unsere Kenntnis über die Ausbildung des arteriellen Gefäßsystems bei Teleostiern zu mehren. Der zweite wichtigere Anlaß für die Durchführung dieser Arbeit erschien bei der großen Artenzahl der Teleostier und wegen ihrer Bildung der verschiedenartigsten ökologischen Nischen nicht als unbegründet: er bestand in der Erwartung, Abänderungen im Verlauf und in der Anordnung der Arterien vorzufinden, die eine funktionelle Deutung im Zusammenhang mit morphologisch-ökologischen Besonderheiten zulassen würden. Unter dieser Fragestellung ist in jüngster Zeit die Blutgefäßversorgung der Gehirne bei Teleostiern vergleichend von v. Zwehl (1961) untersucht worden. Die dritte Aufgabe bestand darin, durch vergleichende Betrachtung der einschlägigen Literatur und der eigenen Untersuchungsergebnisse die Frage zu prüfen, ob bei Teleostiern der Topographie der arteriellen Gefäßstämme eine systematische Wertigkeit zuzumessen sei.

Es sei an dieser Stelle vermerkt, daß ich mich für die Überlassung des Themas sowie für freundliche Beratung meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. K. Günther, sehr verpflichtet fühle.

B. Material und Technik

Es wurden die folgenden Arten untersucht:

Isospondyli:
Clupea harengus L. (Hering, Clupeidae)
Coregonus lavaretus L. (Große Maräne, Salmonidae)
Osmerus eperlanus L. (Stint, Osmeridae)

Mesichthyes:
Belone belone L. (Hornhecht, Belonidae)

Acanthopterygii:
Scomber scombrus L. (Makrele, Scombridae)
Trigla gurnardus L. (Grauer Knurrhahn, Triglidae)
Pleuronectes platessa L. (Scholle, Pleuronectidae)

Die Fische wurden in geeistem Zustand in Fischhandlungen gekauft. Es stand für die Untersuchungen beliebig viel Material zur Verfügung. Lediglich *Trigla gurnardus* mußte im Fischhandel bestellt werden; von dieser Art wurden 6 Exemplare untersucht. Die Befunde sind daher, wenn im Text nicht anders vermerkt, mehrfach gesichert.

Die vorstehend geschilderte Art der Materialbeschaffung läßt natürlich eine Festlegung des Fanggebietes nicht zu. Eine Ausnahme bildet *Clupea harengus*, indem der Ostsee-Hering sich morphologisch deutlich von anderen geographischen Rassen abhebt. Aber da die vorliegende Arbeit eine topographisch-anatomische Untersuchung zum Gegenstand hat, ist die Frage der genauen Herkunft nicht relevant.

Von den 7 untersuchten Arten sind *Coregonus lavaretus* und *Osmerus eperlanus* Süßwasserfische; von den anderen meeresbewohnenden Arten zeichnen sich *Trigla gurnardus* und *Pleuronectes platessa* durch eine bodengebundene Lebensweise aus.

Zur Hervorhebung des Arteriensystems wurden Farbstoffinjektionen in den Truncus arteriosus, in die Aorta medialis, in die Aorta lateralis bzw. in die Arteria coeliaca-mesenterica vorgenommen. Die eine Injektionsmasse wurde aus zwei Teilen Gummi arabicum, einem Teil Borax und Wasser unter Beimengung von Zinnober hergestellt. Die Objekte wurden danach in 70%igem Alkohol fixiert. Eine zweite Injektionsmasse, der Kunststoff „Plastoid", wurde von der Firma Röhm & Haas bezogen. Mitgelieferte Spezialfarbstoffe ermöglichten eine Anfärbung in rot oder blau. Der Injektionsverlauf wurde durch Herunterkühlen der Fische auf annähernd 0° C günstig beeinflußt. Hier erfolgte die anschließende Fixierung in 3%igem Formol. Die Polymerisation des Kunststoffes wurde im Thermostaten bei Temperaturen von + 40 bis + 45° C innerhalb von 24 Std. erreicht. Da „Plastoid" sowohl gegen HCl, als auch gegen KOH resistent ist, war eine Herstellung von Korrosionspräparaten möglich. Solche Präparate vermittelten zwar gute Übersichtsbilder, enthoben jedoch nicht einer genauen Präparation.

C. Beschreibung eigener präparativer Ergebnisse an sieben Teleostierarten

Gewisse Arterien zeichnen sich bei Teleostiern in ihrem Verlaufe durch große Konstanz aus. Um Wiederholungen zu vermeiden, werden daher die folgenden Adern nur bei *Clupea harengus* ausführlich beschrieben:

Arteriae afferentes der Kiemenbögen
Arteria mandibularis afferens
Arteria pseudobranchialis efferens
Arteria ophthalmica magna
Carotis interna
Arteria orbito-nasalis
Arteria optica
Carotis externa
Arteria subclavia
Arteriae segmentales

Etwaige Abweichungen bei anderen Arten werden durch kurze Hinweise bzw. durch eine kurze Beschreibung kenntlich gemacht.

Die relativen Abstände von Ursprungs- und Einmündungsstellen von Arterien sind den schematischen Zeichnungen zu entnehmen.

In der Terminologie und in der Darstellungsweise folgt der Verfasser in dieser Arbeit Veröffentlichungen von C. F. Silvester (1904), E. P. Allis (1912) und K. Günther und K. Deckert (1956).

1. Clupea harengus (Hering)

Der Truncus arteriosus (Abb. 1, 4, 5: Tr a, A aff I—IV) erreicht das Zungenbein hinter den 4. Kiemenbögen und setzt sich an dessen Ventralseite, allmählich verjüngt nach Abgabe der Arteriae afferentes, rostrad fort. Die Arteriae afferentes III + IV werden zwischen den 3. und 4. Kiemenbögen abgegeben und zwar die Arteriae afferentes III etwa in Höhe der Ventralenden der Ceratobranchialia III seitlich, die Arteriae afferentes IV wenig dahinter als ein in der Medianen entspringender kaudad-dorsad verlaufender Stamm, der sich unmittelbar gabelt (Abb. 1: A aff III, IV). Der Truncus arteriosus durchläuft an den 3. Kiemenbögen einen Kanal, der von ventralen Fortsätzen der Hypobranchialia III gebildet wird (H. Kirchhoff 1958). Kurz darauf werden die Arteriae afferentes II entlassen (Abb. 1: A aff II). Der Truncus arteriosus selbst, der von den Hypobranchialia II seitlich eingefaßt wird, gabelt sich kurz vor Erreichen der 1. Kiemenbögen in die Arteriae afferentes I (Abb. 1: A aff I).

Das in den Kiemenkapillaren arteriell gewordene Blut wird von efferenten Arterien weitergeleitet. Allen efferenten Arterien ist gemeinsam, daß die Ventralenden sich gabeln, wobei jeder Gabelast Blut von einer Hemibranchie aufnimmt (Abb. 5). Die Arteriae efferentes I vereinigen sich in der Medianen unter dem Parasphenoid und bilden die kaudad verlaufende Aorta medialis (Abb. 2, 3, 4, 5: A eff I, A m). Vorher werden jedoch die Carotiden abgegeben. Der Abschnitt zwischen Carotidenursprung und Aorta medialis kann nach E. P. Allis (1912) als Aorta lateralis bezeichnet werden (Abb. 2, 5: A l, Car e, Car i). Kurz darauf münden die Arteriae efferentes II seitlich in die Aorta medialis ein (Abb. 2, 3, 4, 5: A eff II). Die Arteriae efferentes III wenden sich vor Erreichen der Aorta kaudad-mediad, queren die Epibranchialia IV oberhalb und bilden mit den Arteriae efferentes IV einen kurzen gemeinsamen Stamm, der im hinteren

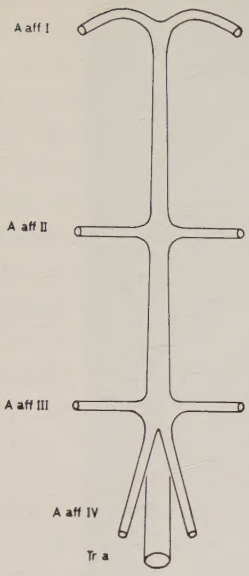

Abb. 1. *Clupea harengus:* Der Truncus arteriosus mit den abzweigenden Arteriae afferentes schematisch von oben.

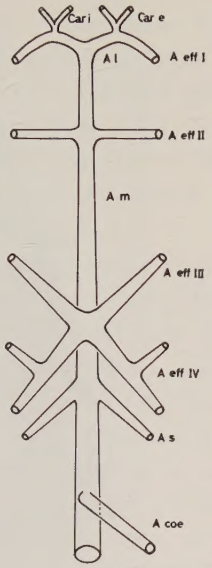

Abb. 2. *Clupea harengus:* Die Aorta medialis mit den zuführenden und ableitenden Gefäßen schematisch von unten.

Bereich des Parasphenoid von unten in die Aorta medialis eintritt (Abb. 2, 3, 4, 5: A eff III, IV). Die Arteriae efferentes IV werden jeweils von zwei Stämmen gebildet, die vor ihrer Vereinigung die Epibranchialia IV durchbohren. Der schwächere Stamm nimmt nur das Blut des Dorsalteiles der vorderen Hemibranchie auf (Abb. 2, 3, 5). Diese bei Teleostiern bislang nicht beschriebene Sonderbildung scheint dadurch bedingt zu sein, daß die beiden Hemibranchien entsprechend der starken Verbreiterung der Epibranchialia IV weit auseinanderweichen.

Die A o r t a m e d i a l i s hat, ventral dem Parasphenoid angeschmiegt, einen leicht gebogenen Verlauf. Nach Eintritt der Arteriae efferentes III + IV knickt sie dorsad zur Wirbelsäule ab, wo sie den Wirbeln eng anliegend sich stark verbreitert (Abb. 3). Nach Erreichen der Wirbelsäule setzt sich die Aorta medialis jedoch auch rostrad etwa 1 cm weit fort. Dieser rostrale Fortsatz (Abb. 4: r F) liegt dem freien kaudalen Ende des Parasphenoid dorsal auf.

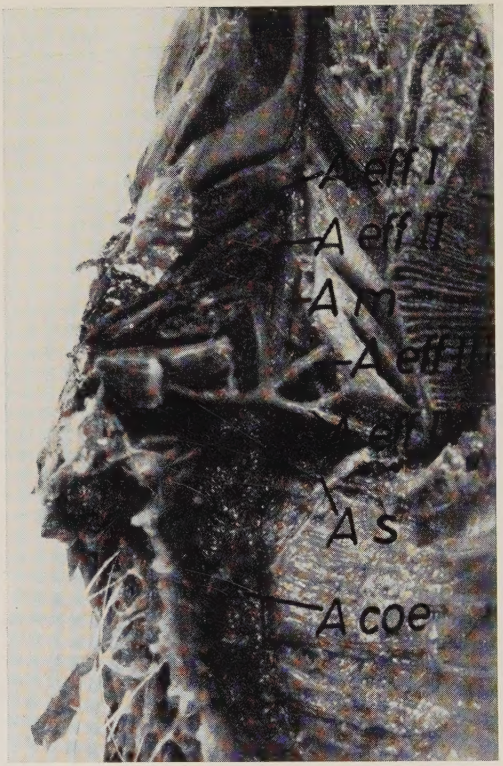

Abb. 3. *Clupea harengus:* Präparat, das die Aorta medialis mit den zuführenden und ableitenden Gefäßen zeigt (Ventralansicht).

Er gibt jederseits eine stärkere Ader ab, die zunächst dem hinteren Rande des jeweiligen Occipitale laterale folgen, sich jedoch dann kaudad-laterad wenden und in der Stammesmuskulatur auflösen. Desgleichen werden einige kleinere Adern entlassen, die sich an der Versorgung der im hinteren Myodom gelegenen Augenmuskeln beteiligen. Diese Sonderbildung steht unzweifelhaft in Zusammenhang mit der Ausbildung eines bindegewebigen Längsbandes in der Aorta medialis, das an der Dorsalwandung dieser Arterie aufgehängt, diese in zwei Hälften teilt. Das Längsband ist am Basioccipitale befestigt und durchzieht die Aorta medialis in ihrer ganzen Ausdehnung (B u r n e 1909).

Die Arteriae subclaviae werden von der Aorta medialis unmittelbar nach Erreichen der Wirbelsäule abgegeben (Abb. 2, 3, 4, 5: As). Kaudad-laterad gelangen sie zum Schultergürtel, an dessen Innenseite sie nach unten ziehen und sich schließlich zur Versorgung der Brustflossenmuskulatur reich verzweigen. Etwas weiter kaudal entspringt an der Ventralseite der Aorta medialis die Arteria coeliaca-mesenterica als starker Stamm (Abb. 2, 3, 5: A coe).

Das hypobranchiale Teilsystem ist asymmetrisch ausgebildet: Der Gabelast der Arteria efferens sinistra II, der das Blut der vorderen Hemibranchie aufnimmt, setzt sich nach vorn fort, knickt nach Erreichen der Medianen kaudad ab und verläuft ventral des Truncus arteriosus als Arteria hypobranchialis media zum Herzen (Abb. 4, 5: A hy m). Innerhalb des Pericards erfolgt die Gabelung in die Arteriae coronariae, die laterad auseinanderweichen und sich auf dem Ventrikel auflösen. Während ihres Verlaufes nach hinten werden von der Arteria hypobranchialis media zahlreiche kleinere Adern zur Versorgung besonders der ventral liegenden Gewebe abgegeben. Auffällig ist ein stärkerer Zweig, der sich am Hinterende des Urohyale und am Vorderende des Cleithrum zur Ernährung des Musculus sternohyoideus auflöst. Neben der beschriebenen Asymmetrie des Ursprunges ist eine weitere Asymmetrie dadurch gegeben, daß die Arteria hypobranchialis media an der Stelle, an der sie kaudad abknickt, eine Ader entläßt, die dicht unter dem Truncus arteriosus nach vorn verläuft und in die noch zu beschreibende Arteria mandibularis afferens dextra kurz vor deren Eintritt in das Hypohyale einmündet (Abb. 4, 5): dieser Befund konnte freilich nur an einem der untersuchten Tiere gesichert werden.

Am ersten Kiemenbogen setzt sich der äußere Gabelast der Arteria efferens, der mehrfach mit dem inneren Gabelast anastomosiert und dadurch an Stärke zunimmt, als Arteria mandibularis afferens rostrad fort (Abb. 4, 5: A m aff). Diese Arterie durchbohrt das untere Hypohyale am oberen Rande, wendet sich kaudad und tritt in einen Kanal des Ceratohyale ein. Vor dem Eintritt in das Hypohyale werden mehrere Adern abgegeben, von denen zwei besonderes Interesse verdienen. Die eine Ader durchbohrt das Hypohyale, tritt auf das Glossohyale über und zieht an dessen Lateralseite nach vorn. Die zweite Ader verläuft mit dem Musculus protractor hyoidei zum Dentale, versorgt dort den Mus-

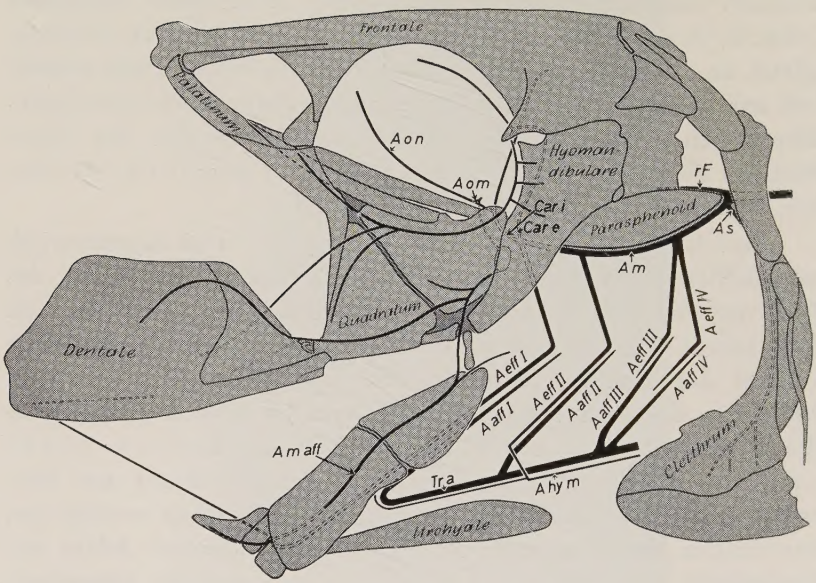

Abb. 4. *Clupea harengus:* Die Hauptarterienstämme der Kopf- und der Kiemenregion in Seitenansicht (Schädel und Knochenumrisse vereinfacht nach H. Kirchhoff 1958).

culus intermandibularis, zieht dann in Höhe des Meckelschen Knorpels kaudad und löst sich im intramandibularen Teil des Musculus adductor mandibulae auf. Die Arteria mandibularis afferens selbst tritt nach kurzem Verlaufe aus dem Kanal des Ceratohyale auf dessen Innenseite, gibt hier eine Ader ab, die die Außenseite des Ceratohyale gewinnt und die Radii branchiostegi versorgt, gelangt durch eine Öffnung auf die Außenseite des Ceratohyale und zieht hier und auf der korrespondierenden Oberfläche des Epihyale kaudad. Kurz vor dem Interhyale biegt die Arterie dorsad ab, nachdem sie einerseits eine Ader abgegeben hat, die auf der Innenseite des Interoperculum kaudad zieht, andererseits Gewebe zwischen Epihyale und Präoperculum durch mehrere Adern versorgt hat. Sie läuft dann über die Außenseite des Suspensoriums in einer S-förmigen Schleife, die funktionell durch die Beweglichkeit der einzelnen Knochenelemente gegeneinander bedingt ist, bis an den hinteren Rand des Metapterygoides und tritt

zwischen Metapterygoid und Hyomandibulare nach innen, wo sie in der Pseudobranchie sich auflöst. Beim Durchlaufen des Suspensoriums entläßt die Arteria mandibularis afferens Adern zur Versorgung sowohl von Geweben zwischen Hyomandibulare und Präoperculum als auch des Musculus adductor mandibulae, besonders des Ventralteiles des extramandibularen Teiles. Auf dem Metapterygoid wird noch eine bedeutendere Ader abgegeben, die am unteren Rande des Musculus adductor mandibulae über das Quadratum nach vorn zieht. Bei Erreichen der Mandibel gabelt sie sich in einen Ast, der an der Versorgung des intramandibularen Teiles des Musculus adductor mandibulae beteiligt ist, und in einen anderen, der am Hinterrande der Mandibel außen nach oben und dann nach vorn verläuft.

Das der Pseudobranchie durch die Arteria mandibularis afferens zugeführte Blut wird von der Arteria pseudobranchialis efferens gesammelt (Abb. 4, 5: A ps eff).

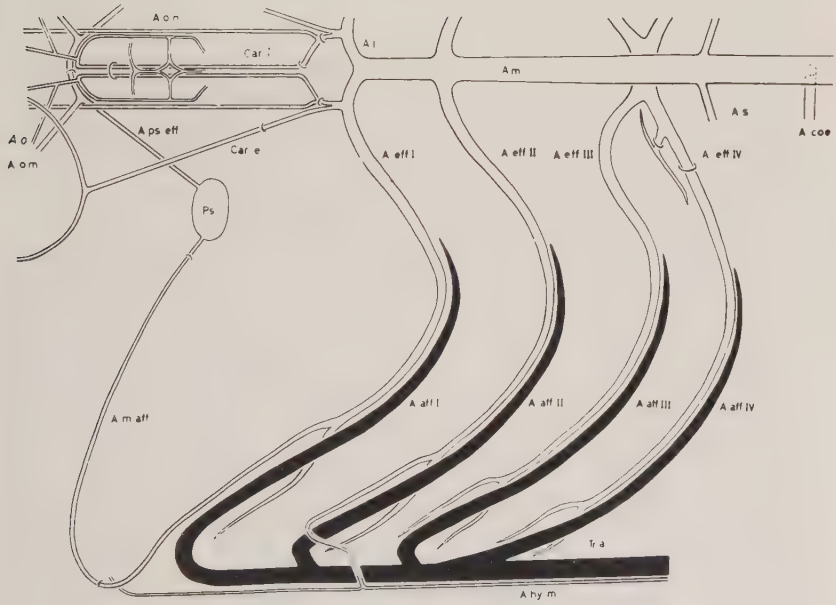

Abb. 5. *Clupea harengus*: Schematische Darstellung der Hauptarterienstämme der Kopfregion in Seitenansicht. Die Aorta ist aufwärts geschlagen, so daß sie wie in Dorsalansicht erscheint. Durchtrittsstellen von Arterien durch Knochen sind durch Kreise gekennzeichnet.

Diese Ader verläuft mediad, durchbohrt das Septum interorbitale dicht oberhalb des Parasphenoid und vereinigt sich mit der entsprechenden Ader der anderen Seite. Noch vor dem Septum interorbitale wird die Arteria ophthalmica magna abgegeben, die in den Augapfel eintritt und in der Chorioidea ein Wundernetz — Corpus chorioidale — bildet (Abb. 4, 5: A o m).

Die Carotis externa und die Carotis interna werden gemeinsam von der Arteria efferens I abgegeben; eine Carotis communis ist somit nicht ausgebildet (Abb. 2, 4, 5: Car e, Car i). Die Carotis externa verläuft dorsad, gelangt durch ein mediad-rostrad der Ohrblase gelegenes Foramen auf die Innenseite des Prooticum, wendet sich rostrad und tritt in die Augenhöhle ein. Bei Erreichen des Prooticum wird eine Ader zum Sphenoticum abgegeben, die an dessen vorderem Rande dorsad zieht und sich zwischen Sphenoticum und Frontale auflöst. Eine zweite größere Ader zweigt von der Carotis externa vor dem Eintritt in die Augenhöhle ab. Diese Ader gelangt durch ein latero-rostral der Ohrblase gelegenes Foramen des Prooticum zum Dorsalteil des Hyomandibulare, wo sie sich mehrfach verzweigt. Eine dieser Seitenadern tritt mit einem Nerven des Trigeminus-Facialis-Komplexes in ein Foramen des Hyomandibulare ein. Sie war jedoch auf der Außenseite nicht weiter zu verfolgen. Auf Grund dieses Befundes muß letzterwähnte Abzweigung der Carotis externa als Arteria hyoidea efferens der Allisschen Terminologie gedeutet werden. In der Augenhöhle gibt die Carotis externa alsbald eine Ader ab, die den Augapfel dorsal umgreift und nach vorn zieht. Sie selbst verläuft ventrad und wendet sich auf dem Dorsalrande des Metapterygoid nach vorn. Hierbei entläßt sie Versorgungsadern sowohl zum Musculus levator arcus palatini II als auch in den Dorsalteil des extramandibularen Teiles des Musculus adductor mandibulae. Kurz vor Erreichen des Quadratum knickt die Carotis externa nach vorn-oben ab, tritt auf den dem Auge zugewandten Rand des Ectopterygoid und zieht schließlich auf dessen Außenseite nach vorn. Sie konnte bis in Höhe des Bandes zwischen Ectopterygoid und Ethmoidale laterale verfolgt werden. Kurz vor dem Abknicken nach vorn-oben werden noch zwei Adern zum Musculus adductor mandibulae abgegeben. Die eine quert die Spitze des Quadratum und verläuft dann an dessen vorderem Rande nach unten. Die andere Ader zieht über Quadratum und Ectopterygoid hinweg, tritt innen auf den Dorsalteil der Mandibel und beteiligt sich an der

Versorgung des intramandibularen Teiles des Musculus adductor mandibulae.

Die Carotis interna (Abb. 2, 4, 5: Car i) verläuft rostrad-mediad und tritt durch ein Foramen des Seitenflügels des Parasphenoid in das hintere Myodom. Danach verhalten sich die Carotides internae verschieden. Die Carotis interna dextra durchbohrt das Septum interorbitale, während die Carotis interna sinistra auf ihrer Seite verbleibt. Dem Septum interorbitale eng anliegend, wenden sich beide Adern gemeinsam dorsad, wobei die Carotis interna dextra kaudal der Carotis interna sinistra verläuft. Ohne eine Anastomose miteinander einzugehen — ein „Circulus cephalicus" ist somit nicht ausgebildet — treten die Carotides internae in das Cavum cranii ein, wo alsbald eine Gabelung erfolgt. Der eine Gabelast legt sich dem Nervus opticus an. Er läßt aber nach kurzem Verlaufe die Arteria optica und die Arteria cerebri anterior aus sich hervorgehen, die den Lobus olfactorius seitlich umgreift und dorsad zieht. Der andere Gabelast — die Arteria cerebri posterior — wendet sich kaudad-laterad-dorsad und dringt nur wenig in die

Abb. 6. *Clupea harengus:* Korrosionspräparat des Hirnes:
a) Seitenansicht b) Ventralansicht

Hirnmasse ein. An der seitlichen Hirnfläche biegt sie scharf mediad ab, entläßt jedoch in ursprünglicher Richtung zur Versorgung der hinteren dorsalen Hirnregion die Arteria cerebelli. Kurz vor der Medianen gabelt sich die Arteria cerebri posterior. Die Gabeläste anastomosieren mit den entsprechenden Zweigen der Gegenseite und bilden einerseits die kaudad-ventrad verlaufende Arteria basilaris, andererseits die dorsad-rostrad ziehende Arteria mesencephali centralis, die sich in die seitlich auseinanderweichenden Rami tectorum opticorum gabelt (Abb. 5, 6).

Die Arteria optica (Abb. 5, 6: A o) verläßt mit dem Nervus opticus das Cavum cranii. Sie gibt an die aus dem hinteren Myodom zum Augapfel ziehenden Muskeln Versorgungsadern ab und tritt mit dem Nervus opticus in den Augapfel ein.

Die Arteria orbito-nasalis (Abb. 4, 5: A o n) wird von der Carotis interna sofort nach Eintritt in das hintere Myodom entlassen. Dem Septum interorbitale anliegend, verläuft sie zunächst dem Parasphenoid parallel rostrad. Dann wendet sich diese Arterie in einem weiten Bogen dorsad, versorgt die beiden vorderen Augenmuskeln mit mehreren Zweigen und endigt in der Nasenregion.

Die Arteria coeliaca-mesenterica (Abb. 2, 3, 5: A coe) durchsetzt die Niere und gelangt rechts von der Schwimmblase in die Bauchhöhle. Sie passiert den Cardiateil des Magens an der rechten Seite und bildet an dessen latero-ventraler Wand einen Verteilungsknoten. Von hier aus verläuft eine Ader auf der Ventralseite des Cardiamagens rostrad; mehrere Adern ziehen zur Leber. Eine starke Ader setzt sich ventrad fort und gelangt in eine Schleife, die der Pylorusteil des Magens bildet. Nachdem diese Arterie mehrere Adern zur Leber sowie zwei Adern, die auf der Innenseite der Magenschleife verlaufen, entlassen hat, gibt sie eine stärkere Ader ab, die auf der Ventralseite des Mitteldarmes kaudad zieht, und verzweigt sich dann reich zur Versorgung der Appendices pyloricae. Eine zweite starke Ader, die von dem Verteilungsknoten ausgeht, wendet sich auf der Ventralseite des Cardiamagens kaudad. In Höhe des Magenknies wird eine Ader dorsad abgegeben, die einerseits zwei auf der Dorsalseite des Cardiamagens nach vorn, andererseits zwei auf der Dorsalseite des Magenblindsackes nach hinten verlaufende Adern entläßt. Der Hauptstamm tritt auf die Dorsal-

seite des Mitteldarmes und zieht dort kaudad. Vor Erreichen des Mitteldarmes werden noch eine Ader zur Milz und ein starker Stamm abgegeben, der sich sofort gabelt. Der eine Gabelast richtet sich auf die ventral liegenden Distalenden der hinteren Appendices pyloricae, der andere wendet sich dorsad und gabelt sich erneut, wobei der eine Gabelast sich auf der Ventralseite des hinteren Abschnittes des Magenblindsackes auflöst, während der andere die Ventralseite des vorderen Teiles des Magenblindsackes und des Pylorusmagens versorgt.

Die Arteria genitalis nimmt ihren Ursprung von der Aorta medialis etwa in der Mitte zwischen den Brust- und Bauchflossen. Sie tritt links von der Schwimmblase in die Bauchhöhle ein und gabelt sich nach kurzem Verlaufe. Die Gabeläste umgreifen den Darm und erreichen die Gonaden in ihrem vorderen Drittel an der Innenseite. Der Hauptstamm wendet sich kaudad, gibt jedoch auch nach vorn eine stärkere Versorgungsader ab.

Die Versorgungsgefäße des Körperstammes sind entsprechend der metameren Gliederung des Fischkörpers metamer angeordnet. Sie verlaufen in den bindegewebigen Septen, die Segmente und Segmentabschnitte scheiden. Die Aorta medialis resp. die Arteria caudalis gibt von ihrem latero-dorsalen Rande Adern dorsad ab, die sich alsbald jeweils in die Arteria segmentalis dorsalis und in die Arteria segmentalis lateralis teilen. Die Arteriae segmentales dorsales verlaufen im intermyomeren Septum dorsad-kaudad, während die Arteriae segmentales laterales im horizontalen Längsseptum, das die epaxonische Muskulatur von der hypaxonischen trennt, latero-kaudad ziehen (Abb. 7: A s d, A s l). Die Arteriae segmentales ventrales haben, sofern sie von der Arteria caudalis entspringen, einen Verlauf, der dem der Arteriae segmentales dorsales spiegelbildlich ist (Abb. 7: A s v). In der Bauchregion weichen sie seitlich auseinander und verlaufen in der inneren Bauchwand ventrad-kaudad. Bemerkenswert ist, daß die Segmentalarterien zumeist nur in jedem zweiten Septum ausgebildet sind.

Die Arteriae segmentales ventrales eines bestimmten Segmentes müssen nach Verlauf und Stärke als Hauptversorgungsgefäße der Bauchflossen angesehen werden; sie werden als Arteriae iliacae gedeutet. Doch beteiligen sich auch benachbarte Arteriae segmentales ventrales an der Versorgung der Bauchflossen.

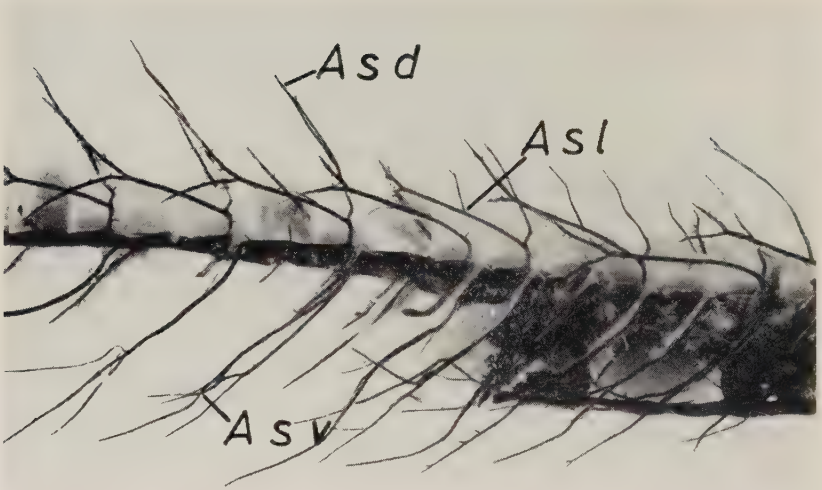

Abb. 7. *Clupea harengus:* Korrosionspräparat, das die Blutversorgung des Körperstammes veranschaulicht (Seitenansicht).

2. *Coregonus lavaretus* (Große Maräne)

Die Arteriae afferentes III + IV jeder Seite gehen aus einem Stamm hervor, der von dem Truncus arteriosus bei Erreichen des Zungenbeins kaudad-laterad-dorsad abgegeben wird (Abb. 8: A aff III + IV).

Die Arteriae efferentes I + II münden in geringem Abstand voneinander in die relativ kurzen Aortae laterales ein (Abb. 9, 10: A eff I, II, A l). Die Arteriae efferentes III + IV bilden jederseits einen kurzen gemeinsamen Stamm. Diese Stämme ziehen mediad-dorsad und treten dicht unter der Aorta medialis zu einem Gefäß zusammen, das unmittelbar mit der Aorta medialis kommuniziert (Abb. 9, 10: A eff III, IV, A m). Kurz darauf erreicht die Aorta medialis die Wirbelsäule. Sie gibt hier sofort seitlich die Arteriae subclaviae ab (Abb. 9, 10: A s). Die Arteria coeliaca-mesenterica entspringt der Aorta medialis erst weiter hinten als starker Stamm (Abb. 9: A coe).

Das hypobranchiale Teilsystem hat asymmetrischen Ursprung. Durch ventrale Verlängerung der äußeren Hemibranchie der Arteria efferens dextra III entsteht eine Ader, die den

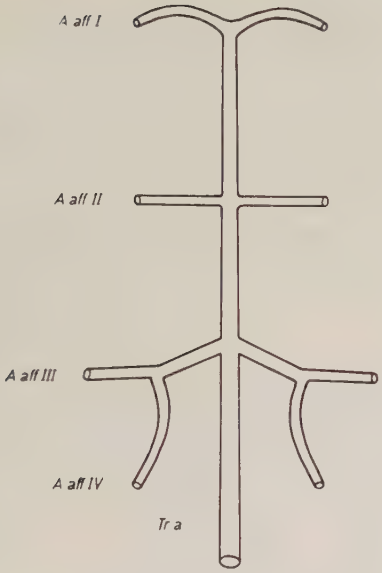

Abb. 8. *Coregonus lavaretus:* Der Truncus arteriosus mit den abzweigenden Arteriae afferentes schematisch von oben.

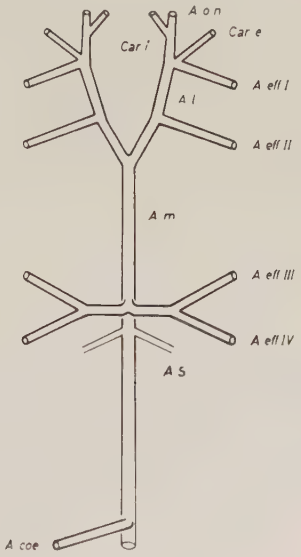

Abb. 9. *Coregonus lavaretus:* Die Aorta mit den zuführenden und ableitenden Gefäßen schematisch von unten.

Truncus arteriosus umgreift und die Mediane erreicht. Hier zieht sie als Arteria hypobranchialis media (Abb. 10: A hy m) ventrad-kaudad und versorgt den Musculus sternohyoideus. In Höhe des oberen Randes des Urohyale gibt sie eine Ader ab, die die Dorsalseite des Truncus arteriosus gewinnt und hier kaudad verläuft. Diese Versorgungsader des Herzens wird nach Silvester (1904) als Arteria coronaria dorsalis gedeutet (Abb. 10: A cor dor).

Die Arteria mandibularis afferens (Abb. 10: A m aff) hat das gleiche Versorgungsgebiet wie bei *Clupea harengus*. In ihrem Verlaufe ist dadurch ein geringfügiger Unterschied gegeben, daß sie auf dem Ceratohyale und dem Epihyale dicht am oberen Rande kaudad zieht. In der Mitte des Ceratohyale werden zwei Adern zu den Radii branchiostegi entlassen, die sich bald reich verzweigen.

Die Karotiden (Abb. 9, 10: Car e, Car i) entsprechen in Ursprung und Verlauf den Verhältnissen bei *Clupea harengus*. Lediglich der Seitenzweig der Carotis externa zur Mandibel ist nicht ausgebildet. Dagegen konnten die von der Arteria basilaris dorsad abzweigende Arteria rhombencephali sowie die kurz darauf laterad abgegebenen Arteriae auditivae nachgewiesen werden (Abb. 10).

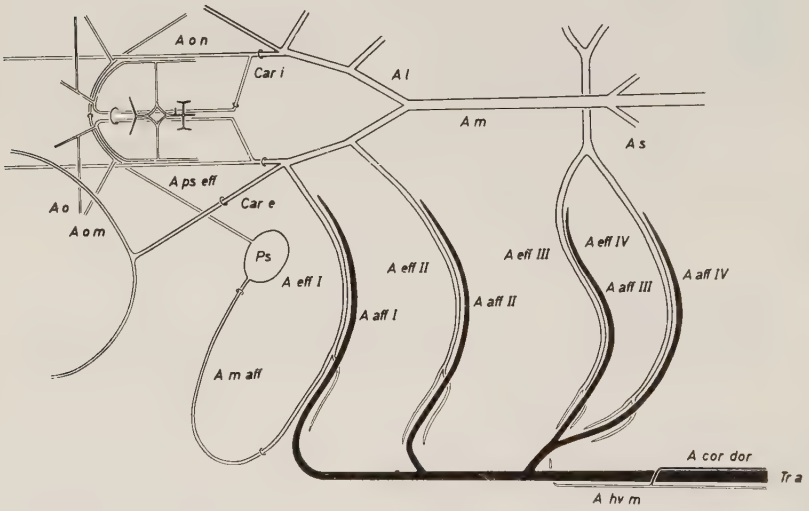

Abb. 10. *Coregonus lavaretus:* Schematische Darstellung der Hauptarterienstämme der Kopfregion in Seiten- bzw. Dorsalansicht.

Die Arteria coeliaca-mesenterica (Abb. 9: A coe) passiert den Cardiateil des Magens rechts. Sie entläßt hier eine Ader, die auf dieser Seite des Cardiamagens kaudad zieht und sich reich verzweigt. In Höhe der Unterseite des Cardiamagens wird eine Ader abgegeben, die den Mitteldarm erreicht und auf dessen Dorsalseite kaudad verläuft. Die Leber sowie der mittlere Teil des Pylorusmagens werden durch je eine weitere Ader versorgt. Der Hauptstamm zieht in ursprünglicher Richtung weiter und gabelt sich kurz darauf. Der eine Gabelast wendet sich rostrad auf den hinteren Teil des Pylorusmagens zu. Vor Erreichen des Pylorusmagens wird eine Ader dorsad abgegeben, die Zweige zu den Distal-

enden der hier befindlichen Appendices pyloricae aussendet, zum Mitteldarm gelangt und auf dessen Ventralseite kaudad verläuft. Durch eine weitere Ader wird auch die Milz versorgt. Der andere Gabelast teilt sich kurz bevor er den mittleren Teil des Pylorusmagens erreicht erneut. Diese beiden Adern treten auf die Lateralseiten des Pylorusmagens und lösen sich sowohl in rostrad als auch kaudad verlaufende Adern auf. Einige der kaudad ziehenden Adern lassen sich bis auf den Cardiamagen verfolgen. Alle Adern, die zur Versorgung des Pylorusmagens beitragen, verzweigen sich überaus reich und erreichen mit ihren Endzweigen auch die Distalenden der Appendices pyloricae.

Die Arteria genitalis entspringt der Arteria coeliacamesenterica kurz nach deren Eintritt in die Leibeshöhle. Sie gabelt sich bald und versorgt die Gonaden, indem die Gabeläste jeweils auf der Innenseite der Gonade kaudad ziehen.

3. *Osmerus eperlanus* (Stint)

In der Ausbildung der afferenten Arterien ist nur insofern ein Unterschied zu *Clupea harengus* gegeben, als die Arteriae afferentes III + IV einen gemeinsamen Ursprung von einem kurzen Stamm haben, der vom Truncus arteriosus dorsad-kaudad abgegeben wird (Abb. 11: A aff III, IV, Tr a).

Die Arteriae efferentes I + II münden in die Aortae laterales ein, die in ihrem Verlaufe kaudad sich der Medianen zunächst nur wenig nähern (Abb. 12, 13: A eff I, II, A l). Nach Eintritt der Arteriae efferentes II wenden die Aortae laterales sich stärker mediad und bilden in Höhe des ersten Wirbels die Aorta medialis (Abb. 12, 13: A m). Die Arteriae efferentes III + IV treten jederseits zu einem gemeinsamen Stamme zusammen (Abb. 12, 13: A eff III, IV). Diese Stämme führen ihr Blut erst in Höhe des vierten Wirbels der Aorta medialis zu. Schon in Höhe des zweiten Wirbels wird von der Aorta medialis jederseits eine Segmentalarterie zur Versorgung des Körperstammes abgegeben. Die Arteriae subclaviae entspringen der Aorta medialis etwas dorsal der Einmündungsstellen der Arteriae efferentes III + IV (Abb. 12, 13: A s). Bemerkenswert ist, daß jederseits ein Zweig sich auf das Pericard richtet und sich hier auflöst. Die Arteria coeliaca wird von der Aorta medialis erst weiter hinten in der Leibeshöhle als starker Stamm abgegeben (Abb. 12, 13: A c).

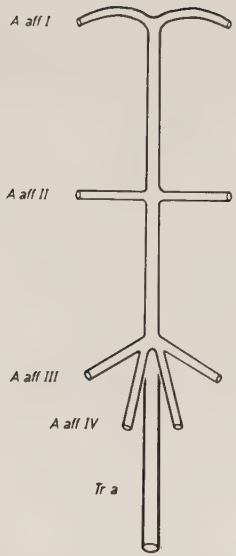

Abb. 11. *Osmerus eperlanus:* Der Truncus arteriosus mit den abzweigenden Arteriae afferentes schematisch von oben.

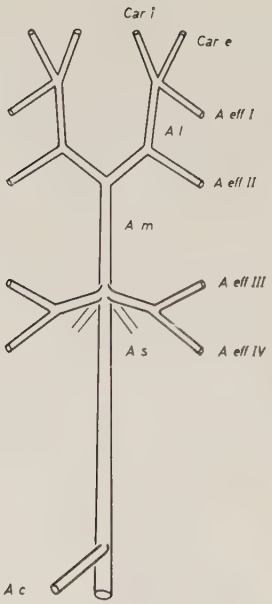

Abb. 12. *Osmerus eperlanus:* Die Aorta mit den zuführenden und ableitenden Gefäßen schematisch von unten.

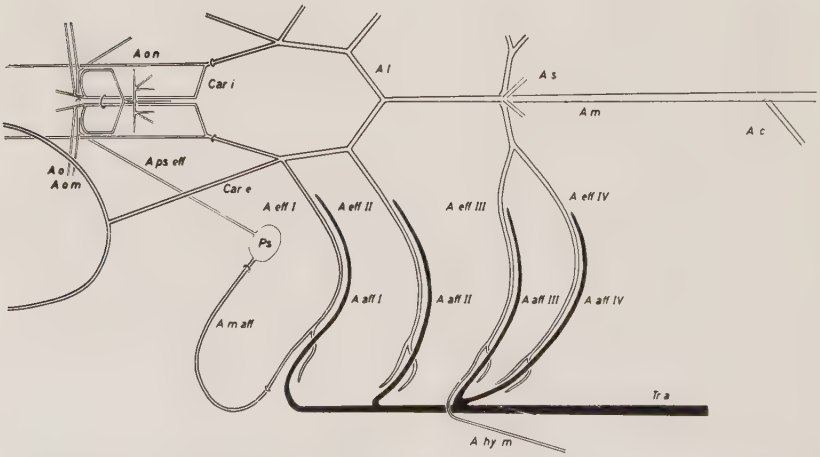

Abb. 13. *Osmerus eperlanus:* Schematische Darstellung der Hauptarterienstämme der Kopfregion in Seiten- bzw. Dorsalansicht.

Die Arteria hypobranchialis media nimmt ihren Ursprung von dem äußeren Gabelast der Arteria efferens sinistra III (Abb. 13: A hy m). Sie umgreift den Truncus arteriosus und erreicht die Mediane. Hier zieht sie ventrad-kaudad und versorgt mit zahlreichen Zweigen den Musculus sternohyoideus. Eine Ader zum Herzen hin wird jedoch nicht abgegeben.

Der äußere Gabelast der Arteria efferens I verlängert sich nach vorn in die Arteria mandibularis afferens (Abb. 13: A m aff). Bevor diese Ader in ein Foramen des oberen Hypohyale eintritt, gibt sie zwei Adern ab, die die Innenseite des Ceratohyale sowie die Radii branchiostegi versorgen. Die Arteria mandibularis afferens wendet sich in dem oberen Hypohyale kaudad, tritt in das Ceratohyale ein und gewinnt schließlich dessen Außenseite nahe dem oberen Rande. Hier zieht sie kaudad und biegt auf dem Epihyale kurz vor dem Interhyale dorsad ab. Etwa in der Mitte des Ceratohyale wird eine weitere Ader zur Versorgung der Radii branchiostegi abgegeben. Unmittelbar nach Erreichen der Außenseite des Ceratohyale wird von der Arteria mandibularis afferens dextra eine Ader rostrad-ventrad entlassen, die zunächst über das Ceratohyale und Glossohyale zieht, dann in einer leichten Schlinge zum Musculus protractor hyoidei gelangt und an dessen Ventralseite weiter rostrad verläuft. Kurz vor der Unterkiefersymphyse gabelt sich diese Ader. Die Gabeläste treten, nachdem sie mehrere kleine Adern zur Versorgung der Symphysengegend abgegeben haben, jederseits auf die Innenseite der Mandibel über und lösen sich im rostralen Teil des Musculus adductor mandibulae auf. Von der Arteria mandibularis afferens sinistra zweigt eine entsprechende Ader ab; diese ist jedoch nur bis zum Glossohyale zu verfolgen.

Die Arteria mandibularis afferens quert nach Abgabe eines Zweiges, der kaudad verläuft und sich auf der Innenseite des Interoperculum auflöst, das Suspensorium am Kaudalende des Symplecticum. Sie zieht über das Ventralende des Hyomandibulare und tritt zwischen Hyomandibulare und Metapterygoid zur Versorgung der Pseudobranchie nach innen. Vorher werden jedoch noch einige Versorgungsadern entlassen, von denen nachstehend beschriebener Zweig besondere Beachtung verdient. Dieser Zweig wird vor dem Vorderrande des Praeoperculum rostrad-ventrad abgegeben. Kurz darauf teilt sich diese Ader. Während der eine Gabelast in ursprünglicher Richtung auf der Naht zwischen Metapterygoid — Quadratum und dem Symplecticum weiterzieht, wendet sich der

andere mehr ventrad und gelangt auf die Außenseite des Praeoperculum. Hier verläuft er nach vorn und quert die Ventralspitzen von Quadratum und Ectopterygoid. Vor der Mandibel erfolgt erneut eine Gabelung. Die eine Ader ist auf der Außenseite der Mandibel nahe dem oberen Rande zu verfolgen, die andere löst sich auf der Innenseite der Mandibel auf.

Die Carotis externa (Abb. 12, 13: Car e) entspringt zusammen mit der Carotis interna von der Aorta lateralis an der Einmündungsstelle der Arteria efferens I. Im Unterschied zu *Clupea harengus* richtet sich jedoch die Carotis externa dorsad-rostrad-laterad und erreicht nahe der Einlenkung des Hyomandibulare den Vorderrand des Prooticum. Hier wendet sie sich rostrad und tritt in die Augenhöhle ein, ohne das Prooticum zu durchbohren.

In der Ausbildung der Carotis interna (Abb. 12, 13: Car i) sind einige Unterschiede festzustellen. Im hinteren Myodom verläuft diese Arterie mediad-rostrad. Kurz vor der Medianen biegt sie dorsad ab und durchsetzt eine Membran, die das Cavum cranii gegen die Augenhöhle abschließt. Hier erfolgt alsbald in bekannter Weise die Gabelung. Die Arteria cerebri posterior wendet sich ventral des Chiasma zunächst laterad, dann in einem Bogen kaudad und dringt dabei etwas in die Hirnmasse ein. An der Lateralfläche des Hirnes biegt sie mediad-kaudad ab und bildet in der Medianen mit der entsprechenden Ader der anderen Seite die Arteria basilaris. Diese Arterie gibt alsbald jederseits eine Ader ab, die sich an der Lateralfläche des Hirnes in drei Adern aufgliedert. Die erste dieser Adern umgreift das Hirn und verläuft dorsad, die zweite wendet sich dorsad-kaudad, die dritte zieht am unteren seitlichen Rande des Hirnes kaudad (Abb. 13).

Die Versorgung der Organe der Leibeshöhle erfolgt durch mehrere Adern, die alle von der Aorta medialis ihren Ursprung nehmen. Die Benennung dieser Arterien erfolgt in Analogie zu Verhältnissen bei Elasmobranchiern.

Der erste und zugleich stärkste Stamm, die Arteria coeliaca (Abb. 12, 13: A c), passiert den Oesophagus rechts und verläuft dann auf der Unterseite des Cardiamagens kaudad. Hier werden drei Adern zur Leber entlassen. Weiterhin werden die rechte Seite von Oesophagus und Cardiamagen durch zahlreiche kleinere Adern sowie die Ventralseite des Cardiamagens durch eine sich alsbald reich aufzweigende Ader versorgt. Noch vor dem Ursprung letzterer Ader beginnt sich der Hauptstamm von dem

Cardiamagen abzuheben. Vor dem Magenknie wendet er sich ventrad, erreicht die Dorsalseite des Pylorusmagens, verläuft hier rostrad, um dann die Kaudadwendung des Verdauungstraktes mitzumachen und nunmehr auf der Ventralseite des Mitteldarmes kaudad zu ziehen. Vor Erreichen des Pylorusmagens werden jedoch noch zwei Adern abgegeben, die auf die Lateralseiten dieses Magenteiles treten und sich zur Versorgung des Magenblindsackes auflösen.

Der zweite Stamm, die Arteria mesenterica anterior, entspringt der Aorta medialis etwa 1cm hinter der Arteria coeliaca. Diese Ader entläßt alsbald die Arteria genitalis sinistra zur Innenseite der weit vorn gelegenen linken Gonade, wo sie mit zahlreichen Seitenzweigen sich auflöst. Der Hauptstamm selbst erreicht den Cardiamagen, versorgt dessen linke Seite sowie die Dorsalseite von Cardiamagen und Magenblindsack. Außerdem wird eine Ader abgegeben, die auf der Dorsalseite des Mitteldarmes kaudad verläuft. Diese Ader kann mit der Versorgungsader der Ventralseite anastomosieren.

Die Arteria intestinalis posterior wird von der Aorta medialis im Kaudalabschnitt der Niere kaudad-ventrad entlassen. In der Leibeshöhle biegt sie rostrad um und gabelt sich. Der eine Gabelast tritt auf die Innenseite der weit hinten gelegenen rechten Gonade und erweist sich damit als Arteria genitalis dextra. Der andere Gabelast verläuft auf der Dorsalseite des hinteren Darmabschnittes rostrad und anastomosiert mit dem entsprechenden Zweig der Arteria mesenterica anterior. Von diesem Dorsalstamm des Darmes werden zahlreiche Adern ventrad abgegeben, die dentlich eine segmentale Anordnung erkennen lassen. Ein Seitenzweig der rechten Seite stellt eine Verbindung zum Ventralstamm des Darmes her.

Weiter hinten tritt eine Ader in die Leibeshöhle ein, die als Arteria mesenterica posterior gedeutet wird. Diese Arterie versorgt den hintersten Darmabschnitt, indem sie auf dessen Dorsalseite zunächst rostrad zieht, sich dann jedoch gabelt und den Darmkanal umgreift. Der rechtsseitige Gabelast anastomosiert ebenfalls mit dem Ventrallängsstamm.

Außerdem sind zwischen der Arteria intestinalis posterior und der Arteria mesenterica posterior ein bis mehrere kleinere Adern, die von der Aorta medialis ausgehen, an der Versorgung des Darmtraktes beteiligt.

4. *Belone belone* (Hornhecht)

Die Arteriae afferentes III + IV gehen jederseits aus einem Stamm hervor, der von dem Truncus arteriosus bei Erreichen des Zungenbeines kaudad-dorsad-laterad abgegeben wird (Abb. 14: A aff III, IV).

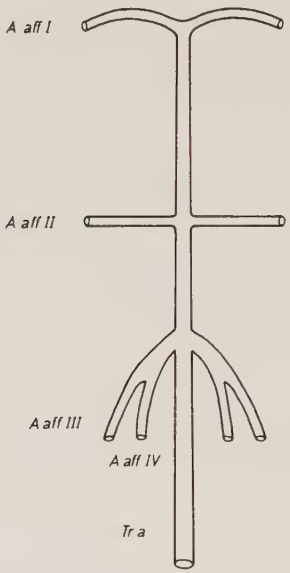

Abb. 14. *Belone belone:* Der Truncus arteriosus mit den abzweigenden Arteriae afferentes schematisch von oben.

Die Arteriae efferentes I + II münden in die Aortae laterales ein (Abb. 15, 16: A eff I, II; A l), und zwar die Arteria efferens I in Höhe des vorderen Teiles des Basoccipitale, die Arteria efferens II vor dessen flügelartiger Verbreiterung. Die Aortae laterales verlaufen dem Parasphenoid annähernd parallel. Sie passieren die flügelartige Verbreiterung des Basoccipitale dorsal und bilden hinter dem Basoccipitale die Aorta medialis (Abb. 15, 16: A m). Die Arteriae efferentes III + IV jeder Seite treten zu einem gemeinsamen Stamm zusammen (Abb. 15, 16: A eff III, IV). Diese Stämme anastomosieren dicht unterhalb der

Aorta medialis und münden von unten in das longitudinale Hauptgefäß unmittelbar nach dessen Entstehung ein. Dicht dahinter werden von der Aorta medialis die Arteriae subclaviae seitlich abgegeben (Abb. 15, 16: A s). Die Arteria coeliaca-mesenterica hat einen asymmetrischen Ursprung. Sie wird von dem gemeinsamen Stamm der Arteriae efferentes dextrae III + IV kaudad abgegeben (Abb. 15, 16: A coe).

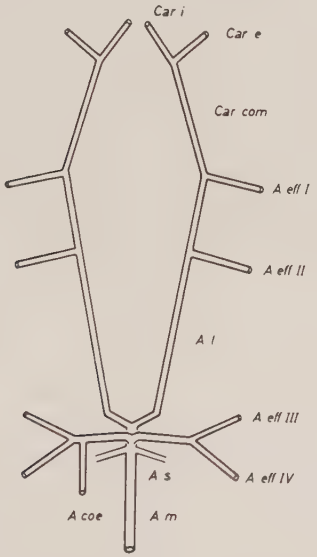

Abb. 15. *Belone belone:* Die Aorta mit den zuführenden und ableitenden Gefäßen schematisch von unten.

Die Arteria coronaria dorsalis hat einen asymmetrischen Ursprung von dem inneren Gabelast der Arteria efferens sinistra III (Abb. 16: A cor dor). Diese Arterie verläuft zunächst etwas oberhalb des Truncus arteriosus, dann diesem Gefäß dorsal aufliegend nach hinten und tritt in das Pericard ein. Vorher wird jedoch eine Ader abgegeben, die den Truncus arteriosus umgreift und den Musculus sternohyoideus versorgt.

Der äußere Gabelast der Arteria efferens I setzt sich nach vorn als Arteria mandibularis afferens (Abb. 16: A m aff) über das Hypobranchiale I fort, das seitlich am Zungenbein inseriert. Sie verläuft medial der Sehne, die das Hypobranchiale I am Ceratohyale befestigt, erreicht zunächst den Dorsalrand des Ceratohyale und dann in einer S-förmigen Schleife den Musculus protractor hyoidei. Auf der Außenseite dieses Muskels zieht diese Arterie nahe dem oberen Rande nach vorn und endigt in dessen Rostralteil.

Von der Arteria mandibularis afferens sinistra wird kurz nach ihrer Entstehung eine Ader mediad abgegeben. In der Medianen gabelt sich diese Ader. Die Gabeläste weichen laterad auseinander und treten jeweils auf die Innenseite des Ceratohyale. Hier verlaufen sie am Unterrand kaudad und versorgen die vorderen Radii branchiostegi.

Die Carotis communis (Abb. 15, 16: Car com) zieht rostrad-mediad und erreicht das Prooticum dicht an der Grenze

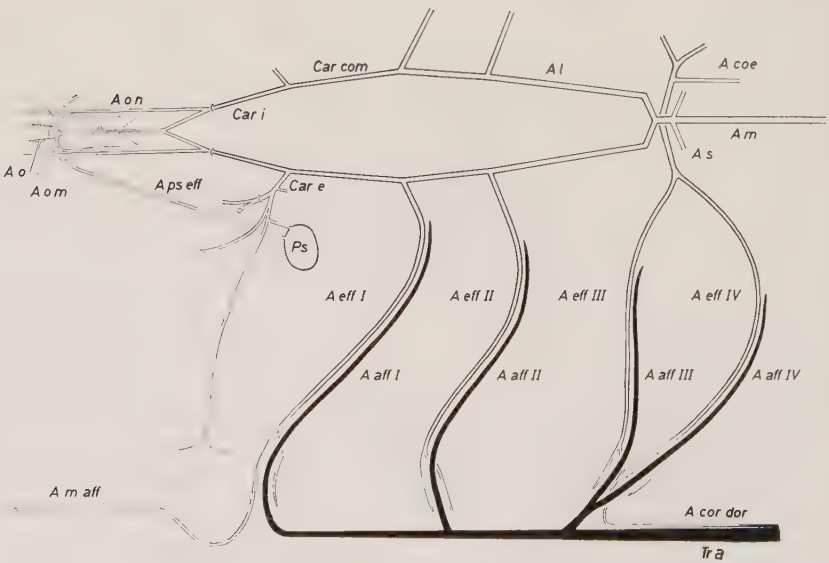

Abb. 16. *Belone belone:* Schematische Darstellung der Hauptarterienstämme der Kopfregion in Seiten- bzw. Dorsalansicht.

zum Parasphenoid. Hier erfolgt die Gabelung in die Carotis externa und in die Carotis interna.

Die Carotis externa (Abb. 15, 16: Car e) wendet sich rostrad-laterad-dorsad und tritt durch ein Foramen des Prooticum nach innen. Hier gabelt sie sich sofort. Die eine Ader verläuft laterad und gelangt durch ein Foramen auf die Außenseite des Prooticum. Sie erreicht das Sphenoticum, wendet sich hier kaudad und tritt auf das Pteroticum über. Die andere Ader zieht rostrad, gelangt in die Augenhöhle und umgreift den Augapfel dorsal.

Bevor die Carotis externa das Prooticum durchsetzt, gibt sie eine Ader kaudad zur dorsalen Kiemenbogenmuskulatur sowie einen starken Stamm kaudad-laterad-ventrad ab, der sich sofort gabelt. Der eine Gabelast verläuft über den Musculus adductor arcus palatini rostrad-ventrad; er war bis zum Quadratum zu verfolgen. Der andere Gabelast entläßt sofort eine Ader zu Versorgung der drüsigen Pseudobranchie. Er zieht dann innen über den Ventralteil des Hyomandibulare sowie im hinteren Bereich des Interoperculum ventrad und gabelt sich schließlich erneut. Die eine Ader verläuft im Grenzbereich von Operculum und Subopercu lum kaudad. Die andere Ader wendet sich rostrad, tritt auf das Epihyale über und versorgt die hinteren Radii branchiostegi.

Die Carotis interna (Abb. 15, 16: Car i) zieht rostrad-ventrad-mediad und tritt durch ein Foramen des Seitenflügels des Parasphenoid in das hintere Myodom ein. Hier gibt sie sofort die Arteria orbito-nasalis ab. Hinter dem Basisphenoid biegt die Carotis interna dorsad ab und schließt mit der entsprechenden Ader der anderen Seite den „Circulus cephalicus". Dieser gemeinsame Stamm wendet sich wenig kaudad und dringt in die Schädelhöhle ein. Hier erfolgt sofort eine Gabelung. Die Gabeläste weichen laterad auseinander und versorgen wie bei Clupea harengus Hirn und Augen. Darüber hinaus konnten die Arteria rhombencephali und die Arteriae auditivae nachgewiesen werden, die dorsad, bzw. laterad von der Arteria basilaris abzweigen.

Die Versorgung der Organe der Leibeshöhle erfolgt durch mehrere Arterien. Die stärkste dieser Adern, die Arteria coeliaca-mesenterica, tritt auf der rechten Seite dorsal des Oesophagus in die Leibeshöhle ein (Abb. 15, 16: A coe). Der Oesophagusbereich wird durch einige schwächere Adern versorgt.

Kurz darauf nehmen von einem „Verteilungsknoten" vier starke Adern ihren Ursprung. Ein Stamm, der auch einen starken Zweig zur Leber entsendet, erreicht die Dorsalseite des Magens; er zieht hier und auf der korrespondierenden Seite des Darmkanals etwas nach links versetzt nach hinten. Der oben erwähnte Zweig zur Leber entläßt auch mehrere Adern zur Ventralseite des Magens. Ein zweiter Stamm zieht zunächst kaudad, knickt dann ventrad ab und gelangt auf die Dorsalseite des Darmtraktes, wo er etwas nach rechts versetzt kaudad verläuft. In der Mitte der Leibeshöhle anastomosiert er mit einer Ader, die etwa in der Mitte des hinteren Drittels der Leibeshöhle von der Aorta medialis ihren Ursprung nimmt. Diese als Arteria intestinalis posterior zu deutende Ader umgreift die Schwimmblase links und erreicht die Dorsalseite des Darmtraktes. Hier zieht sie etwas nach rechts versetzt nach vorn und geht vorstehend beschriebene Anastomose ein. Außerdem ist sie durch einige Queranastomosen mit der anderen von vorn kommenden Versorgungsader des Darmtraktes verbunden. Bevor die Arteria intestinalis posterior an den Darm herantritt, gibt sie auch mehrere Versorgungsadern ventrad-kaudad zum Darm hin ab.

Die Genitalarterien nehmen von dem erwähnten „Verteilungsknoten" getrennt ihren Ursprung. Sie treten jeweils vorn auf die Gonade und verlaufen auf der Ventralseite kaudad. Etwa in der Mitte der Gonade anastomosieren sie mit von hinten kommenden Adern, die der Arteria mesenterica posterior entstammen. Diese Arterie wird von der Aorta medialis in den hinteren Teil der Leibeshöhle kaudad-ventrad entlassen. Sie entsendet sofort jeweils auf die Innenseite der im Kaudalabschnitt verwachsenen Gonaden sowie zur Dorsalseite des Enddarmes mehrere Versorgungsadern. Der Hauptstamm erreicht die Verwachsungsstelle der Gonaden und gabelt sich hier. Die Gabeläste weichen laterad auseinander, geben mehrere Adern zum hinteren Bereich der Gonaden ab und ziehen jeweils auf der Ventralseite der Gonaden rostrad, wo dann die vorstehend beschriebene Anastomose erfolgt. Außerdem haben an der Versorgung des Darmtraktes mehrere Adern Anteil, die von der Aorta medialis zwischen der Arteria intestinalis posterior und der Arteria mesenterica posterior abgegeben werden. Diese Adern lassen deutlich eine segmentale Anordnung erkennen.

5. *Scomber scombrus*[1] (Makrele)

Die Arteriae afferentes III + IV jeder Seite entstehen durch Gabelung eines kurzen Stammes, der von dem Truncus arteriosus bei Erreichen des Zungenbeines kaudad-lateraddorsad abgegeben wird (Abb. 17: A aff III, IV).

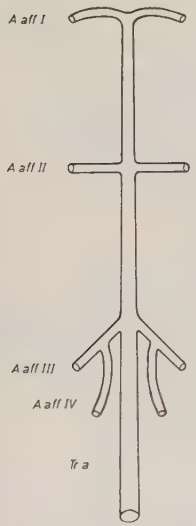

Abb. 17. *Scomber scombrus:* Der Truncus arteriosus mit den abzweigenden Arteriae afferentes schematisch von oben.

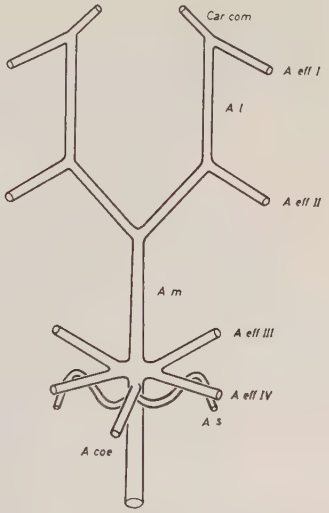

Abb. 18. *Scomber scombrus:* Die Aorta mit den zuführenden und ableitenden Gefäßen schematisch von unten.

Die Arteriae efferentes I + II münden in die Aortae laterales ein, die zunächst dem Parasphenoid parallel verlaufen (Abb. 18, 19, 21, 22: A eff I, II; A l). Nach Einmündung der Arteria efferens II wenden sich die Aortae laterales zur Medianen hin und vereinigen sich schließlich in Höhe des ersten Wirbels zur Aorta medialis (Abb. 18, 19, 21: A m). Die Arteriae efferentes III + IV münden in Höhe des zweiten Wirbels jederseits mit einem kurzen gemeinsamen Stamm in die

[1] Befunde über das branchiale und pseudobranchiale arterielle Teilsystem sowie über die Karotiden schon, z. T. irrig, bei Allis (1903).

Aorta medialis (Abb. 18, 19, 21: A eff III, IV). Dicht hinter der Einmündungsstelle der Arteriae efferentes III + IV wird von der Aorta medialis die Arteria coeliaca-mesenterica als mächtiger Stamm in die Leibeshöhle abgegeben (Abb. 18, 19, 21: A coe). Diese Arterie entläßt sofort jederseits einen starken Zweig, der zunächst rostrad zieht, sich dann laterad und kaudad wendet und in einem weiten Bogen den Schultergürtel erreicht; diese Ader erweist sich somit als Arteria subclavia (Abb. 18, 19, 21: A s). Bemerkenswert ist, daß die Arteria subclavia sofort eine Ader abgibt, die zunächst rostrad-laterad zieht, sich dann jedoch dorsad-mediad wendet und sich in der Stammesmuskulatur auflöst.

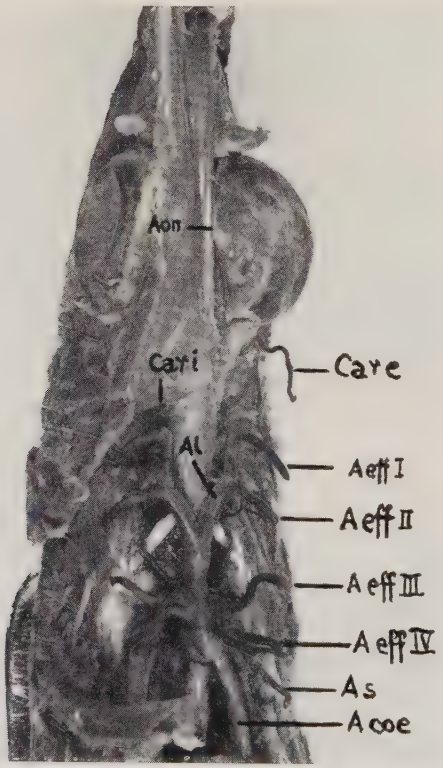

Abb. 19. *Scomber scombrus:* Präparat, das die Aorta mit den zuführenden und ableitenden Gefäßen zeigt (Ventralansicht).

Die Arteria coronaria dorsalis nimmt ihren Ursprung von dem dritten Kiemenbogen (Abb. 20, 21: A cor dor). Von den äußeren Gabelästen der Arteriae efferentes III zweigt jeweils eine Ader ab; diese Adern vereinigen sich in der Medianen zu der Versorgungsader des Herzens, die dorsal des Truncus arteriosus kaudad verläuft. Innerhalb des Pericard gabelt sie sich in die Arteriae coronariae.

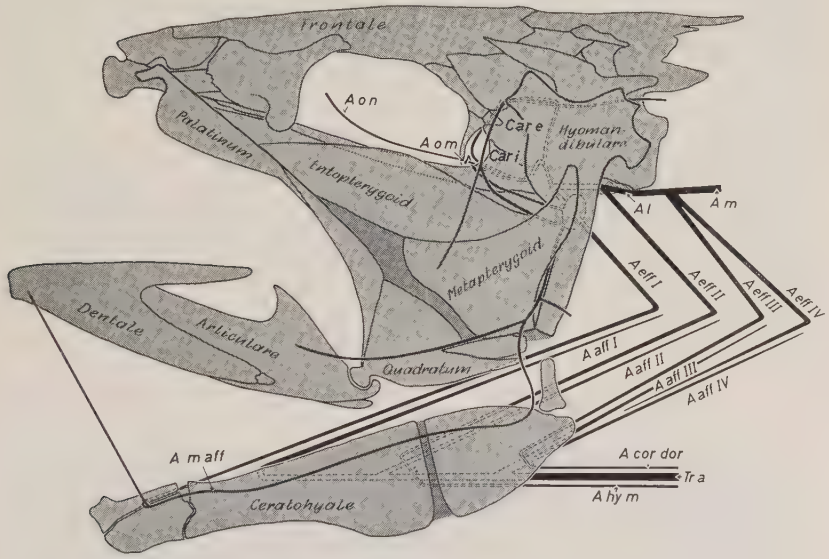

Abb. 20. *Scomber scombrus:* Die Hauptarterienstämme der Kopf- und der Kiemenregion in Seitenansicht (Schädel kombiniert nach Zeichnungen von Allis 1903).

Die äußeren Hemibranchien der Arteriae efferentes II geben zur Medianen je eine Ader ab. Diese Adern treten in den von den Ventralenden der Hypobranchialia III gebildeten Kanal, wenden sich hier kaudad und vereinigen sich zur Arteria hypobranchialis media (Abb. 20, 21: A hy m). Ventral des Truncus arteriosus verläuft diese Ader kaudad. Sie passiert die Schultergürtelsymphyse oberhalb und gelangt schließlich zu den brustständigen Bauchflossen, wo sie sich auflöst. Vorher wird durch mehrere Adern der Musculus sternohyoideus versorgt. Auch zum Schultergürtel hin werden Versorgungsadern entlassen: Eine Ader zieht

an der Vorderseite des Schultergürtels dorsad; sie anastomosiert schließlich mit einem Zweig, der dem Subclavia-System angehört. Eine weitere Versorgungsader ist am Hinterrande des Schultergürtels etwa bis zu halber Höhe zu verfolgen.

Der innere Gabelast der Arteria efferens I setzt sich nach vorn als Arteria mandibularis afferens fort (Abb. 20, 21: A m aff). Verlauf und Versorgungsgebiet dieser Arterie entsprechen durchaus den Verhältnissen bei *Clupea harengus*. Ein tiefgreifender Unterschied ist jedoch dadurch gegeben, daß die Arteria mandibularis afferens kurz vor ihrem Eintritt in die Pseudobranchie sich mit einem starken Zweig der Carotis externa vereinigt.

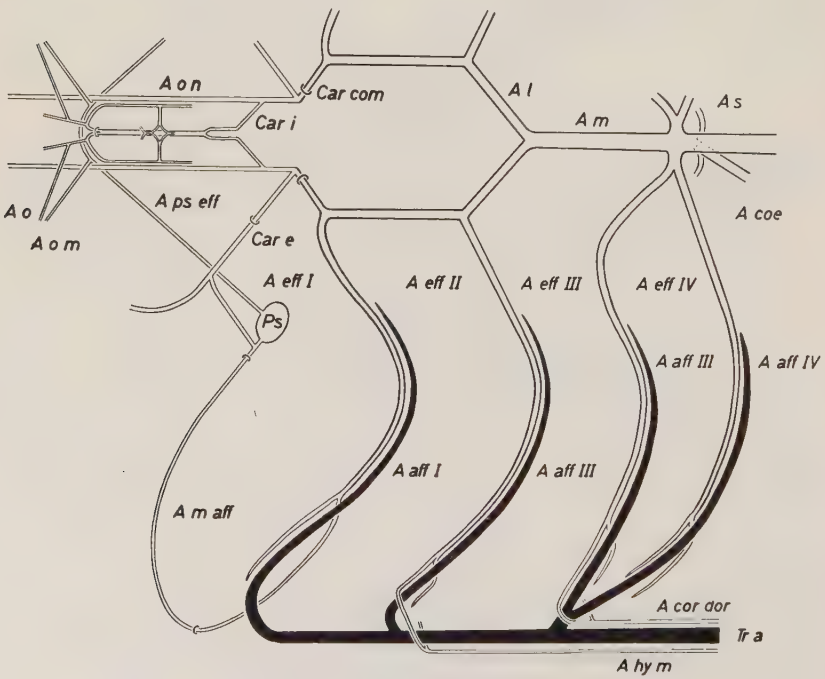

Abb. 21. *Scomber scombrus:* Schematische Darstellung der Hauptarterienstämme der Kopfregion in Seiten- bzw. Dorsalansicht.

Die Carotis communis zweigt von der Aorta lateralis in einem rechten Winkel dorsad ab (Abb. 18, 20, 21, 22: Car com). Nach kurzem Verlaufe gabelt sie sich in die Carotis externa und in die Carotis interna.

Die Carotis externa verläuft in Verlängerung der Carotis communis dorsad zum Prooticum (Abb. 20, 21, 22: Car e). Hier biegt sie rostrad um, tritt durch ein Foramen des Prooticum und zieht auf dessen Innenseite laterad-rostrad. Nahe dem Vorderrand des Hyomandibulare erreicht sie die Augenhöhle. Hier wird eine Ader abgegeben, die auf der Außenseite des Prooticum neben der Einlenkung des Hyomandibulare kaudad verläuft. Ihre Endzweige sind auf der Innenseite des Operculum und in der an das Neurocranium anschließenden Stammesmuskulatur zu verfolgen. Außerdem entläßt diese Ader sofort einen Zweig, der sich alsbald gabelt. Der eine Gabelast versorgt die Außenseite des Sphenoticum, der andere die Dorsalwandung der Augenhöhle (Abb. 22). Die Carotis externa selbst zieht am hinteren Augenrand ventrad, biegt dann aber scharf kaudad ab. Nachdem sie eine Ader zum Dorsalteil des Metapterygoid abgegeben hat, passiert sie die Dorsalspitze des Metapterygoid und den Vorderrand des Hyomandibulare innen. Alsdann wendet sie sich dorsad und vereinigt sich mit der Arteria mandibularis afferens zur Versorgung der Pseudobranchie.

Die Carotis interna wendet sich rostrad-mediad-ventrad und tritt durch ein Foramen des Seitenflügels des Parasphenoid in

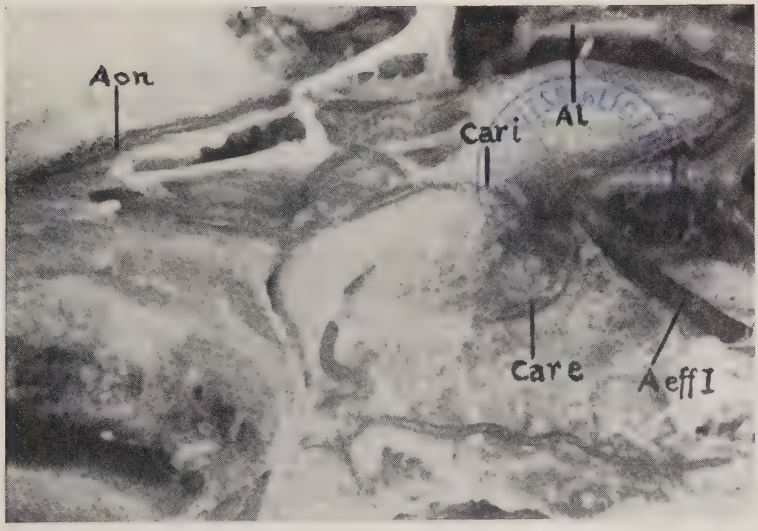

Abb. 22. *Scomber scombrus*: Nahaufnahme eines Präparates, das den „Circulus cephalicus“ sowie den Ursprung der Carotis externa und der Arteria orbitonasalis zeigt (Ventralansicht).

das hintere Myodom ein (Abb. 20, 21, 22: Car i). Hier wird sofort die Arteria orbito-nasalis abgegeben (Abb. 19, 20, 21, 22: A o n). In der Medianen knickt die Carotis interna dicht hinter dem Basisphenoid dorsad ab. Nach kurzem Verlaufe vereinigt sie sich mit der entsprechenden Ader der anderen Seite und bildet somit den „Circulus cephalicus". Doch gabelt sich alsbald dieser Gefäßstamm. Die Gabeläste weichen laterad auseinander und treten in die Schädelhöhle ein. Hier gabeln sich diese Zweige erneut und versorgen ganz ähnlich wie bei *Clupea harengus* Hirn und Augen (Abb. 21: Car i).

Bevor die Arteria coeliaca-mesenterica in die Leibeshöhle eintritt, gibt sie eine Ader ab, die die linke Seite des Oesophagus erreicht und hier und auf der korrespondierenden Seite des Cardiamagens kaudad zieht. Die Arteria coeliaca-mesenterica selbst passiert den Oesophagus rechts. Hier entläßt sie sofort eine Ader, die auf der Dorsalseite, etwas nach rechts versetzt, von Oesophagus, Cardiamagen und Magenblindsack nach hinten verläuft. Unmittelbar darauf gabelt sich die Arteria coeliaca-mesenterica in einen stärkeren ventrad-kaudad und in einen schwächeren mehr kaudad verlaufenden Stamm. Die letztere Ader, die auch Zweige zu den Distalenden der Appendices pyloricae sowie einen Zweig zur Ventralseite des Magenblindsackes entläßt, erreicht mit jeweils einer Ader die Dorsalseite des vorderen Abschnittes des Mitteldarmes sowie des Endabschnittes des Darmtraktes. Darüber hinaus gibt dieser Stamm zwei weitere Adern ab, die jeweils zwischen den kaudad ziehenden Darmabschnitten einerseits und dem rostrad verlaufenden Abschnitt des Mitteldarmes andererseits — der Darm bildet bei *Scomber scombrus* auch im hinteren Abschnitt der Leibeshöhle eine Schleife — nach hinten verlaufen; diese beiden Adern entlassen Seitenzweige zu den vorerwähnten Darmabschnitten. Der stärkere Gabelast der Arteria coeliaca-mesenterica, der auch eine Ader zur Leber entläßt, löst sich zur Versorgung der Appendices pyloricae auf. Ein Seitenzweig erreicht auch die Dorsalseite des Pylorusmagens, zieht hier kaudad, wendet sich am Magenknie rostrad und versorgt die Ventralseite von Cardiamagen und Oesophagus.

Die Arteria genitalis entspringt der Aorta medialis weit hinten in der Leibeshöhle. Sie gabelt sich und löst sich mit den Gabelästen jeweils auf der Innenseite der Gonaden auf.

6. *Trigla gurnardus* (Grauer Knurrhahn)

Die Arteriae afferentes III + IV jeder Seite nehmen ihren Ursprung von einem kurzen Stamm, der von dem Truncus arteriosus laterad-dorsad-kaudad abgegeben wird (Abb. 23: A aff III, IV).

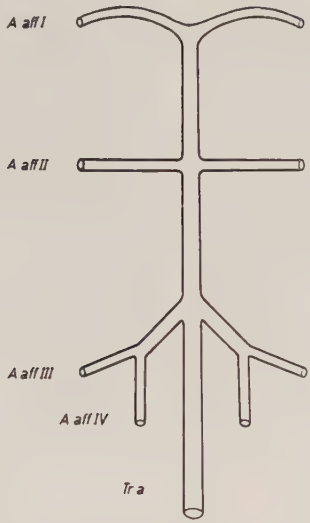

Abb. 23. *Trigla gurnardus:* Der Truncus arteriosus mit den abzweigenden Arteriae afferentes schematisch von oben.

Die Arteriae efferentes I + II münden in geringem Abstand voneinander in die Aortae laterales ein (Abb. 24, 25, 27: A eff I, II; A l). Letztere ziehen nach Aufnahme der Arteria efferens II mediad-kaudad und vereinigen sich kurz vor dem ersten Wirbel zur Aorta medialis (Abb. 24, 25, 27: A m). Bei den Arteriae efferentes III + IV (Abb. 24, 25, 27: A eff III, IV) ist eine Asymmetrie ausgebildet: Die Arteria efferens sinistra III biegt um einen dorsalen Fortsatz des Epibranchiale III, der mit einem ebensolchen Fortsatz des Epibranchiale IV bindegewebig verwachsen ist, beinahe rechtwinklig kaudad-mediad ab. Sie verläuft der Aorta lateralis sinistra nahezu parallel. Schon in Höhe des

Seitenflügels des stark verbreiterten Parasphenoid nimmt sie die Arteria efferens sinistra IV auf. Der gemeinsame Stamm dieser Arterien mündet in die Aorta medialis unmittelbar nach deren Entstehung ein. Die Arteria efferens dextra III knickt etwas schärfer ab, so daß sie sich von der Aorta lateralis dextra leicht entfernt. Sie nimmt in gleicher Weise, doch etwas weiter kaudal, die

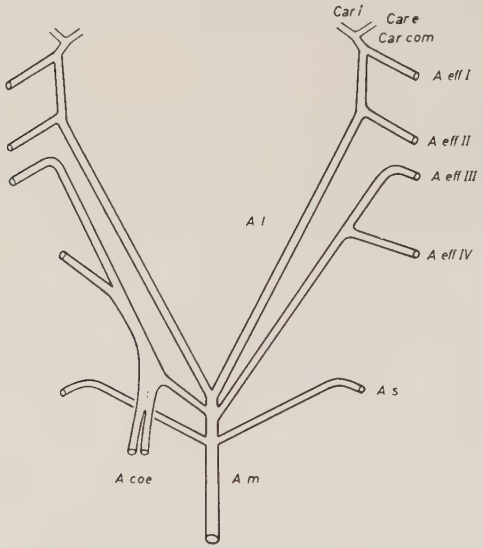

Abb. 24. *Trigla gurnardus:* Die Aorta mit den zuführenden und ableitenden Gefäßen schematisch von unten.

Arteria efferens dextra IV auf. Kurz darauf wird die Arteria coeliaca-mesenterica (Abb. 24, 25, 27: A coe) kaudad abgegeben. Der gemeinsame Stamm der Arteriae efferentes dextrae III + IV wendet sich sodann mediad und mündet in die Aorta medialis ein. Die Arteriae subclaviae (Abb. 24, 25, 27: A s) werden von der Aorta medialis dicht dahinter seitlich abgegeben.

Die Arteria coronaria dorsalis (Abb. 27: A cor dor) hat einen asymmetrischen Ursprung von der äußeren Hemibranchie der Arteria efferens sinistra III. Dem Truncus arteriosus dorsal aufliegend zieht sie kaudad. Am Kaudalende des Bulbus

Abb. 25. *Trigla gurnardus:* Präparat, das die Aorta mit den zuführenden und ableitenden Gefäßen zeigt (Ventralansicht).

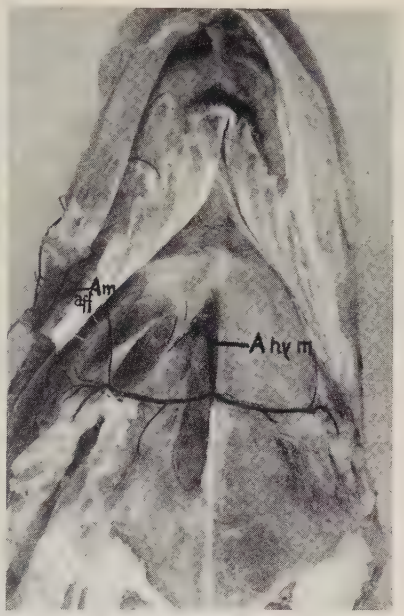

Abb. 26. *Trigla gurnardus:* Präparat, das die Versorgung der Brust- und Bauchflossen zeigt (Ventralansicht).

arteriosus gabelt sie sich und tritt mit den Gabelästen auf die Lateralflächen des Ventrikel, wo sie sich auflöst.

Der äußere Gabelast der Arteria efferens II gibt eine Ader ab, die zunächst rostrad-mediad verläuft, sich dann mediad-kaudad-ventrad wendet und sich mit der entsprechenden Ader der anderen Seite zur Arteria hypobranchialis media (Abb. 26, 27, 28: A hy m) vereinigt. Dicht unter dem Truncus arteriosus zieht diese Ader nach hinten; sie versorgt dabei den Musculus sternohyoideus durch mehrere Seitenzweige. Sobald sie die Schultergürtelsymphyse oberhalb passiert hat, gibt sie jederseits eine Ader ab, die am oberen Rande des Kieles des Cleithrum dorsad-kaudad verläuft. Der Hauptstamm selbst zieht geradlinig weiter und erreicht vor der Basalplatte der Bauchflossen die Ventralseite des Körperstammes. Hier gibt er jederseits eine starke Ader laterad ab, wendet sich dann etwas dorsad und gewinnt die Dorsalseite der Basalplatte, wo er mit laterad-kaudad verlaufenden Gabelästen die

Muskulatur der Bauchflossen versorgt. Die oben erwähnten Seitenzweige erreichen, nachdem sie eine Ader zu der auf der Ventralseite der Basalplatte ausgebildeten Bauchflossenmuskulatur entlassen haben, den Schultergürtel. Hier wird eine Ader rostrad abgegeben; ein weiterer Zweig zieht über das Coracoid dorsad. Der Hauptstamm verläuft am Hinterrand von Coracoid und Scapula kaudad-dorsad und zwar zwischen den aus zwei Elementen sich aufbauenden Gelenken der „fingerartigen Fortsätze" (Appendices dactyloidei) sowie auf der Innenseite der Einlenkung der Flossenstrahlen.

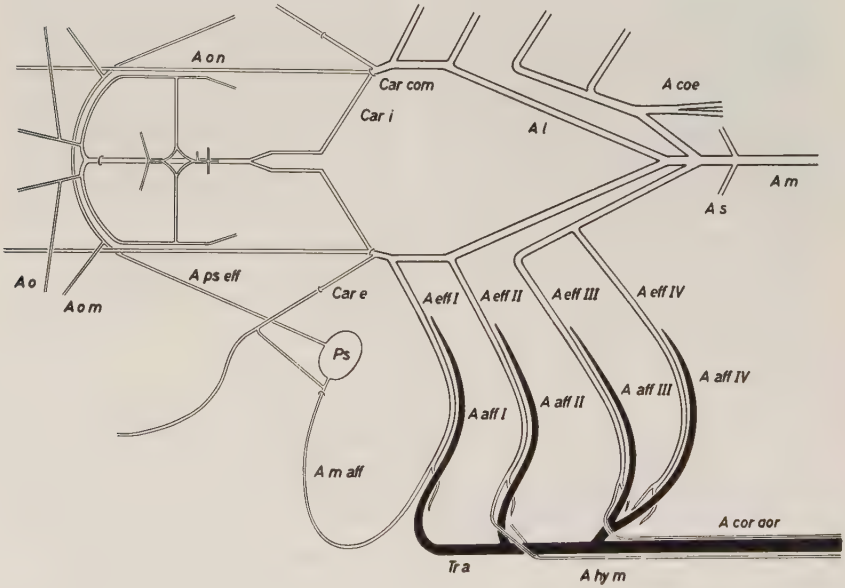

Abb. 27. *Trigla gurnardus:* Schematische Darstellung der Hauptarterienstämme der Kopfregion in Seiten- bzw. Dorsalansicht.

Die Arteria mandibularis afferens (Abb. 27, 28: A m aff) nimmt ihren Ursprung von der äußeren Hemibranchie der Arteria efferens I. Im Unterschied zu den Verhältnissen bei *Clupea harengus* gelangt sie noch vor Erreichen der Hypohyalia in einem scharfen Bogen auf die Außenseite des Ceratohyale, wo sie nahe dem oberen Rande nach hinten zieht. Auffällig ist weiterhin

die starke Versorgung der Radii branchiostegi: Kurz vor und kurz nach dem Erreichen des Ceratohyale wird jeweils eine Ader abgegeben; diese Adern versorgen auch den Musculus protractor hyoidei. Eine dritte Ader wird auf dem Epihyale entlassen (vgl. Abb. 28). Zur Versorgung der Pseudobranchie vereinigt sich die Arteria mandibularis afferens mit dem Hauptstamm der Carotis externa.

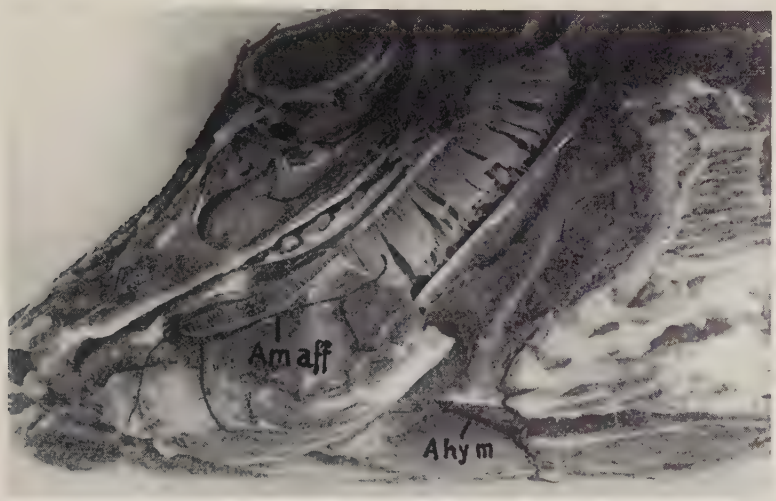

Abb. 28. *Trigla gurnardus:* Präparat, das den Teilverlauf der Arteria mandibularis afferens sowie die Versorgung der Brustflossen zeigt (Seitenansicht).

Die Carotis communis (Abb. 24, 25, 27: Car com) ist in ihrem Verlaufe mediad-rostrad fast die direkte Verlängerung der Arteria efferens I. Sie gabelt sich sofort in die Carotis externa und in die Carotis interna.

Die Carotis externa (Abb. 24, 27: Car e) zweigt von der Carotis communis in einem rechten Winkel dorsad ab. Durch ein Foramen des Prooticum nahe dessen vorderem Rande tritt sie nach innen, wo sie rostrad abbiegt. Bei Erreichen der Augenhöhle wendet sie sich sofort laterad. Kurz vor dem Hyomandibulare gibt sie eine Ader ab, die auf der Außenseite des Prooticum neben der Einlenkung des Hyomandibulare kaudad zieht. Eine weitere Versorgungsader wird kurz darauf kaudad-laterad zum

Sphenoticum hin entlassen. Die Carotis externa verläuft dann zunächst ventrad-rostrad, schließlich ventrad-kaudad und tritt dann nach innen, wo sie sich mit der Arteria mandibularis afferens zur afferenten Pseudobranchialarterie vereinigt. Vorher werden jedoch mehrere Adern zum Musculus adductor mandibulae abgegeben, die den Augapfel ventral umgreifen und mit ihren Endzweigen Quadratum und Ectopterygoid erreichen.

Die Carotis interna (Abb. 24, 25, 27: Car i) zieht in Verlängerung der Carotis communis mediad-rostrad und gelangt durch ein Foramen des Seitenflügels des Parasphenoid in das hintere Myodom. Hier wird sofort die Arteria orbito-nasalis abgegeben (Abb. 25, 27: A o n). In der Medianen verläuft die Carotis interna hinter dem Basisphenoid dorsad. Sie bildet hier mit der entsprechenden Ader der anderen Seite einen gemeinsamen Stamm — bei einem Exemplar war diese Anastomose nicht ausgebildet — und schließt somit den „Circulus cephalicus". In der Schädelhöhle gabelt sich dieser Stamm; die Gabeläste weichen laterad auseinander und versorgen in der uns von *Clupea harengus* bekannten Weise Hirn und Augen. Darüber hinaus konnten die von der Arteria basilaris dorsad abgegebene Arteria rhombencephali sowie die dicht dahinter laterad abzweigenden Arteriae auditivae nachgewiesen werden (vgl. Abb. 27).

Die Arteria coeliaca-mesenterica (Abb. 24, 25, 27: A coe), die von dem gemeinsamen Stamm der Arteriae efferentes dextrae III + IV ihren Ursprung nimmt, gabelt sich kurz nach ihrer Entstehung. Die Gabeläste weichen in der Frontalebene geringfügig auseinander (vgl. Abb. 24). Der laterale Stamm wird als Arteria coeliaca gedeutet. Diese Arterie gibt alsbald eine Ader ab, die auf der linken Seite des Darmtraktes kaudad verläuft. Eine weitere Ader richtet sich auf den rostralen Bereich der äußeren Darmschlinge. Mit einer dritten Ader werden die Leber sowie die rechte Seite des Cardia- und des Pylorusmagens versorgt. Eine vierte Ader schließlich zieht zu dem vorderen Bereich der zweiten Darmschlinge, die innerhalb der ersten gelegen ist. Der Hauptstamm wendet sich sodann ventrad und versorgt mit zahlreichen Zweigen die Appendices pyloricae. Der mediale Gabelast der Arteria coeliaca-mesenterica, die Arteria mesenterica, gibt alsbald eine starke Ader mediad-kaudad ab. Diese Ader quert den Oesophagus dorsal. Sie entsendet mehrere Zweige zur Dorsalseite und auf die linke Seite des Oesophagus. Nach Abgabe einer

stärkeren Ader, die auf der linken Seite des Magens und des Magenblindsackes kaudad zieht, erreicht sie die Ventralseite der linken Gonade; sie versorgt dieses Organ, indem sie Zweige auf dessen Innen- und Außenseite entläßt. Der Hauptstamm der Arteria mesenterica verläuft rechts neben dem Oesophagus kaudad. Er gibt bald eine starke Ader ab, die ihrerseits eine Ader zur Ventralseite der rechten Gonade entsendet und, nachdem sie mit mehreren Zweigen die rechte Seite des Oesophagus versorgt hat, sich gabelt. Der eine Gabelast zieht zur rechten Magenseite, der andere zur Schwimmblase. Doch erhält die Schwimmblase auch direkt von der Aorta medialis durch mehrere Adern arterielles Blut. Der Hauptstamm selbst quert nach Abgabe einer Ader zur rechten Seite des Magenblindsackes den Enddarm. Er versorgt den Enddarm mit mehreren Zweigen, wendet sich dann auf den kaudalen Teil der Darmschlinge zu, gibt hier einige Versorgungsadern ab und löst sich im Pankreas auf. — Die Gonaden sind in ihrem kaudalen Bereich miteinander verwachsen. Diese Verwachsungsstelle passiert eine Ader dorsal, die von der Aorta medialis ihren Ursprung nimmt. Diese Arterie wendet sich ventrad und gelangt auf die Unterseite der Verwachsungsstelle der Gonaden; hier erfolgt eine Gabelung. Die Gabeläste ziehen zunächst laterokaudad, geben jeweils eine Ader zum Kaudalabschnitt ab, biegen rostrad um und anastomosieren mit den von vorn kommenden Versorgungsadern der Gonaden.

7. *Pleuronectes platessa* (Scholle)

Die Untersuchungsergebnisse von Cole und Johnstone (1901) werden bestätigt[2]. Lediglich die Beschreibung des epibranchialen Teilsystems bedarf einer Ergänzung.

"The 3rd and 4th (efferent branchial vessels) unite together to form a short trunk. On the left side this opens into the left epibranchial, on the right it opens into the coeliacomesenteric artery. It may appear, however, that the coeliacomesenteric, instead of taking origin from the epibranchial, springs from the common trunk of the 3rd and 4th efferent branchials."

Nach den beiden von mir untersuchten Exemplaren gibt die Aorta medialis (Abb. 29, 30: A m), die leicht zur Augenseite (in

[2] Der Verfasser erhielt von dieser Arbeit erst Kenntnis, als die eigenen Untersuchungen nahezu abgeschlossen waren.

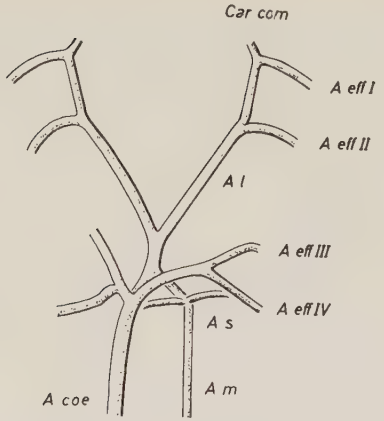

Abb. 29. *Pleuronectes platessa:* Die Aorta mit den zuführenden und ableitenden Gefäßen schematisch von unten.

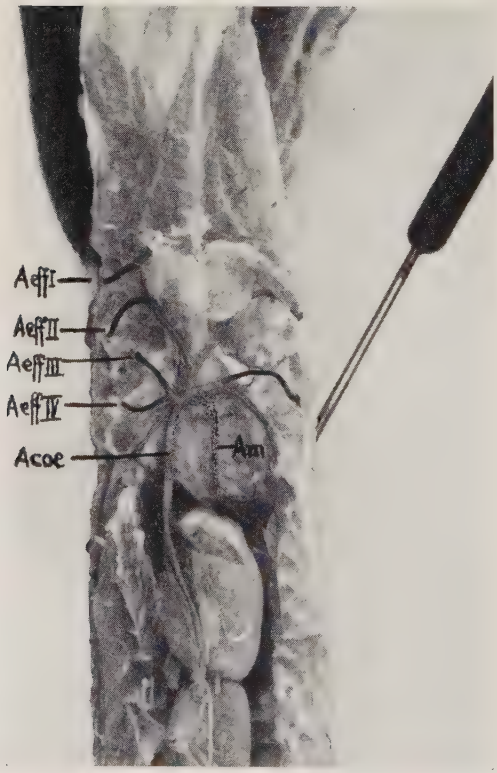

Abb. 30. *Pleuronectes platessa:* Präparat, das die Aorta mit den zuführenden und ableitenden Gefäßen zeigt (Ventralansicht).

beiden Fällen nach rechts) hin verschoben ist, kurz nach ihrer Entstehung aus den Aortae laterales die Arteria coeliaca-mesenterica (Abb. 29, 30: A 1, A coe) kaudad-laterad-ventrad ab. Diese Arterie nimmt alsbald die Arteriae efferentes III + IV (Abb. 29, 30: A eff III, IV) auf, die jederseits einen gemeinsamen Stamm bilden. Entsprechend der Verlagerung der Arteria coeliaca-mesenterica zur Augenseite hin ist der gemeinsame Stamm der Arteriae efferentes III + IV der Blindseite wesentlich länger. Die Aorta medialis knickt bei Abgabe der Arteria coeliaca-mesenterica zur Blindseite hin ab und verläuft unter der Wirbelsäule kaudad. Aus der Anordnung und der lichten Weite der Gefäße ist zu schließen, daß die Aorta medialis nur den kleineren Teil des ihr durch die Aortae laterales zugeführten Blutes dem Körperstamm zuleitet.

D. Vergleiche unter Berücksichtigung der Literatur

I. Alphabetisches Verzeichnis aller berücksichtigten Gattungen

Albula (Isospondyli, Clupeoidei, Albulidae)
Am(e)iurus (Ostariophysi, Siluroidei, Amiuridae)
Ammodytes (Acanthopterygii, Ammodytoidei, Ammodytidae)
Anabas (Acanthopterygii, Anabantoidei, Anabantidae)
Anarrhichas (Acanthopterygii, Blennioidei, Anarrhichadidae)
Anguilla (Apodes, Anguilloidei, Anguillidae)
Anoplopoma (Acanthopterygii, Cottoidei, Anoplopomidae)

Balistes (Acanthopterygii, Tetrodontoidei, Balistidae)
Bathyclupea (Isospondyli, Bathyclupeoidei, Bathyclupeidae)
Belone (Mesichthyes, Scomberesocoidei, Belonidae)
Blennius (Acanthopterygii, Blennioidei, Blenniidae)
Boleophthalmus (Acanthopterygii, Gobioidei, Periophthalmidae)

Callichthys (Ostariophysi, Siluroidei, Callichthyidae)
Chirocentrus (Isospondyli, Clupeoidei, Chirocentridae)
Clarias (Ostariophysi, Siluroidei, Clariidae)
Clupea (Isospondyli, Clupeoidei, Clupeidae)
Cobitis (Ostariophysi, Cyprinoidei, Cobitidae)
Conger (Apodes, Anguilloidei, Congridae)
Coregonus (Isospondyli, Salmonoidei, Salmonidae)

Cottus (Acanthopterygii, Cottoidei, Cottidae)
Cyclopterus (Acanthopterygii, Cottoidei, Cyclopteridae)
Cyprinus (Ostariophysi, Cyprinoidei, Cyprinidae)

Diodon (Acanthopterygii, Tetrodontoidei, Diodontidae)

Engraulis (Isospondyli, Clupeoidei, Engraulidae)
Erythrinus (Ostariophysi, Characinoidei, Erythrinidae)
Esox (Mesichthyes, Haplomi, Esocidae)
Exocoetus (Mesichthyes, Exococtoidei, Exocoetidae)

Fistularia (Mesichthyes, Syngnathi, Fistulariidae)

Gadus (Acanthopterygii, Gadioidei, Gadidae)
Gasterosteus (Mesichthyes, Thoracostei, Gasterosteidae)
Gobius (Acanthopterygii, Gobioidei, Gobiidae)

Hexagrammus (Acanthopterygii, Cottoidei, Hexagrammidae)
Hippocampus (Mesichthyes, Syngnathi, Syngnathidae)
Hippoglossus (Acanthopterygii, Pleuronectoidei, Pleuronectidae)

Labrax (Acanthopterygii, Percoidei, Percidae)
Labrus (Acanthopterygii, Percoidei, Labridae)
Lebistes (Mesichthyes, Cyprinodontoidei, Poecilidae)
Limanda (Acanthopterygii, Pleuronectoidei, Pleuronectidae)
Liocassis (Ostariophysi, Siluroidei, Bagridae)
Lophius (Acanthopterygii, Lophioidei, Lophiidae)
Lopholatilus (Acanthopterygii, Percoidei, Latilidae)

Malacosteus (Isospondyli, Stomiatoidei, Malacosteidae)
Malapterurus (Ostariophysi, Siluroidei, Malapteruridae)
Megalops (Isospondyli, Clupeoidei, Megalopidae)
Microgadus (Acanthopterygii, Gadioidei, Gadidae)
Misgurnus (Ostariophysi, Cyprinoidei, Cobitidae)
Mola (Acanthopterygii, Moloidei, Molidae)
Molva (Acanthopterygii, Gadioidei, Gadidae)
Monopterus (Acanthopterygii, Symbranchoidei, Symbranchidae)
Motella (Acanthopterygii, Gadioidei, Gadidae)
Mugil (Acanthopterygii, Mugiloidei, Mugilidae)
Myoxocephalus (Acanthopterygii, Cottoidei, Cottidae)

Nemachilus (Ostariophysi, Cyprinoidei, Cobitidae)
Notopterus (Isospondyli, Notopteroidei, Notopteridae)

Ophiodon (Acanthopterygii, Cottoidei, Hexagrammidae)
Opsanus (Acanthopterygii, Batrachoidei, Batrachidae)

Osmerus (Isospondyli, Salmonoidei, Osmeridae)
Osteoglossum (Isospondyli, Osteoglossoidei, Osteoglossidae)
Pantodon (Isospondyli, Pantodontoidei, Pantodontidae)
Perca (Acanthopterygii, Percoidei, Percidae)
Periophthalmus (Acanthopterygii, Gobioidei, Periophthalmidae)
Photostomias (Isospondyli, Stomiatoidei, Malacosteidae)
Phoxinus (Ostariophysi, Cyprinoidei, Cyprinidae)
Pleuronectes (Acanthopterygii, Pleuronectoidei, Pleuronectidae)
Pomolobus (Isospondyli, Clupeoidei, Clupeidae)
Saccobranchus (Ostariophysi, Siluroidei, Saccobranchidae)
Salmo (Isospondyli, Salmonoidei, Salmonidae)
Scomber (Acanthopterygii, Scombroidei, Scombridae)
Scorpaenichthys (Acanthopterygii, Cottoidei, Cottidae)
Sebastodes (Acanthopterygii, Cottoidei, Scorpaenidae)
Silurus (Ostariophysi, Siluroidei, Siluridae)
Spheroides (Acanthopterygii, Tetrodontoidei, Diodontidae)
Syngnathus (Mesichthyes, Syngnathi, Syngnathidae)
Tetrodon (Acanthopterygii, Tetrodontoidei, Tetrodontidae)
Trigla (Acanthopterygii, Cottoidei, Triglidae)
Zeus (Acanthopterygii, Zeoidei, Zeidae)

II. Versuch einer funktionellen Interpretation der Befunde

Ein ausführlicher Vergleich in der Topographie der arteriellen Gefäße der daraufhin untersuchten Teleostier wird im einzelnen am besten nach Teilsystemen vorgenommen.

1. Die Arterien der Kiemenbögen

a) Die Arteriae afferentes

Der Truncus arteriosus verläuft vom Herzen in der Medianen nach vorn und erreicht dicht hinter den 4. Kiemenbögen das Zungenbein. Bei fast allen Teleostiern werden entsprechend der Zahl der Kiemenbögen vier Paar von afferenten Arterien abgegeben. Die Arteriae afferentes III + IV gehen bei *Coregonus lavaretus*,

Belone belone, *Scomber scombrus* und *Trigla gurnardus*, wie bei den meisten übrigen daraufhin untersuchten Teleostiern, jederseits aus einem kurzen gemeinsamen Stamm hervor. Ein ebensolches Verhalten der Arteriae afferentes I + II ist selten (*Cyprinus* — Grodzinski 1938). Lediglich bei wenigen Arten — *Anguilla anguilla* (Mott 1950), *Gadus morrhua* (Bridge 1904), *Gadus aeglefinus* (Allis 1912), *Monopterus albus* (Liem 1961), *Gobius panizzae*, *Periophthalmus schlosseri*, *Periophthalmus vulgaris*, *Boleophthalmus boddaerti* (Schöttle 1932) — entspringen die Arteriae afferentes III + IV getrennt voneinander am Truncus arteriosus; bei *Clupea harengus* (vgl. Abb. 1, S. 441) sind diese Verhältnisse etwas abgewandelt, indem die Arteriae afferentes IV gemeinsam abgegeben werden. Ein gemeinsamer Ursprung der Arteriae afferentes III + IV beider Seiten, wie er bei *Osmerus eperlanus* gefunden wurde (vgl. Abb. 11, S. 454), ist nach der vorliegenden Literatur bislang nur für *Misgurnus fossilis* (Pollak 1961) und *Clarias lazera* (Nawar 1955) beschrieben. Bei der letzteren Art entspringen die Arteriae afferentes II schon von der dorsalen Wandung des Bulbus arteriosus; der gemeinsame Stamm der Arteriae afferentes III + IV wird wenig dahinter abgegeben. Exceptionell sind die diesbezüglichen Verhältnisse bei *Lebistes reticulatus* (Gottschalk 1955) und bei den Syngnathiden (Rauther 1925): Hier gehen die Arteriae afferentes II aus einem kurzen gemeinsamen Stamm hervor, der von der dorsalen Wandung des Truncus arteriosus seinen Ursprung nimmt. Bei *Lebistes reticulatus* wird dicht vor dieser Arterienwurzel von dem Truncus arteriosus ein unpaares Gefäß abgegeben, das rechts des Truncus arteriosus nach vorn zieht. Hinter den Hypohyalia biegt dieses Gefäß ventrad-kaudad um und gabelt sich in eine linke und rechte Arteria opercularis ventralis, die die Kiemendeckel mit venösem Blut versorgen. Ob dieser merkwürdige Sachverhalt mit einer etwaigen respiratorischen Funktion des Kiemendeckelepithels zusammenhängen könnte, sei dahingestellt.

Bei *Boleophthalmus viridis* (Schöttle 1932) setzt sich der Truncus arteriosus über die Arteriae afferentes I hinaus rostrad fort, gabelt sich und kommuniziert jederseits mit der Arteria mandibularis afferens (Arteria hyomandibularis nach Schöttle 1932). Hier persistieren im adulten Tier Verhältnisse, die von Selachiern und bei einigen Teleostiern aus der Embryonalentwicklung bekannt sind (Schöttle 1932 nach mehreren Autoren). Dieses Verhalten

der oben erwähnten Arterien steht augenscheinlich in einem funktionellen Zusammenhang mit der spezialisierten Inanspruchnahme des Kiemenhöhleninteguments für eine akzessorische Atmung; ich komme noch einmal darauf zurück.

Abgewandelte Verhältnisse sind weiterhin dort zu erwarten, wo die 4. Kieme fehlt. Hier können einmal die entsprechenden Branchialarterien in Fortfall gekommen sein, so daß, wie bei *Tetrodon* und *Diodon* (Rosén 1911), nur noch drei Paar von afferenten Branchialarterien ausgebildet sind. Zum anderen kann trotz des Mangels einer 4. Kieme die zugehörige Arteria afferens IV als eine direkte Verbindung vom Truncus arteriosus zur Aorta erhalten bleiben. Diese Verhältnisse treffen wir bei *Monopterus* (Müller 1841) an; von dieser Gattung wird bei der Besprechung von Abwandlungen des arteriellen Gefäßsystems im Zusammenhang mit dem Auftreten von akzessorischen Atmungsorganen noch ausführlich die Rede sein.

b) Die Arteriae efferentes

Bei allen von mir untersuchten Formen waren die Arteriae efferentes in ihrem ventralen Bereich gegabelt. Dieses Verhalten der efferenten Branchialarterien ist schon 1904 von Silvester für mehrere Arten beschrieben worden. Bei *Conger conger* (Silvester 1904), *Clarias lazera* (Nawar 1955) und *Lopholatilus chamaeleonticeps* (Silvester 1904) sind diese Arterien sogar im ganzen Kiemenbereich verdoppelt. Bei *Salmo salar* gibt Allis (1912), bei *Anguilla anguilla* Mott (1950), bei *Lebistes reticulatus* Gottschalk (1955) eine schwache Gabelung an. Offenbar in Unkenntnis der Befunde von Silvester (1904) und Allis (1912) hat Goodrich (1930) die Anschauung entwickelt, daß bei Teleostiern die efferenten Branchialgefäße gänzlich und einheitlich aus den embryonal angelegten Aortenbögen hervorgehen, während die afferenten Branchialarterien Neubildungen darstellen (vgl. Abb. 31: D); eine bei ursprünglichen Osteichthyes auftretende ventrale Gabelung der Arteriae efferentes deutet er als Primitivmerkmal. Doch scheint angesichts der oben angeführten Literatur sowie der eigenen Untersuchungsergebnisse zumindest die für *Acipenser* beschriebene, von Goodrich (1930) als „Zwischenform" interpretierte ventrale Gabelung der Arteriae efferentes (vgl. Abb. 31: C) auch bei Teleostiern eine weite Verbreitung zu

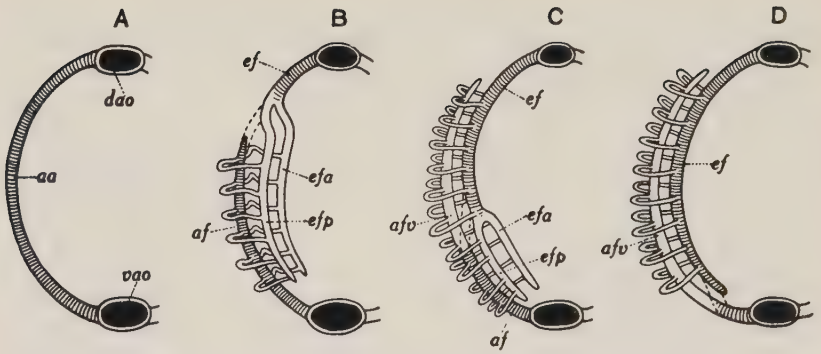

Abb. 31. Schema von Goodrich (1930) zur Entwicklung der Branchialarterien bei verschiedenen Fischen (Neu gebildete Adern weiß). A: Embryonaler Aortenbogen; B: Selachier; C: Zwischenform wie *Acipenser;* D: Teleostier. aa, embryonic vascular arch; af, afferent; afv, newly formed afferent; dao, dorsal aorta; ef, efferent epibranchial; efa, anterior efferent; efp, posterior efferent; vao, ventral aorta.

haben. Ja selbst der von Goodrich (1930) ausschließlich den Selachiern zugeordnete Typus (vgl. Abb. 31: B) ist durch *Clarias lazera* (Nawar 1955), *Conger conger* und *Lopholatilus chamaeleonticeps* (Silvester 1904) bei Teleostiern verwirklicht. Ein weiteres Argument gegen die Auffassung von Goodrich liefert Solewski (1949) mit seiner Untersuchung der Blutgefäßentwicklung der Kiemenbögen bei *Salmo trutta.* Denn hier entstehen die afferenten und die efferenten Arterien durch Längsspaltung der embryonal angelegten Aortenbögen. Damit wird deutlich, daß das Goodrichsche Schema der Entwicklung der Branchialarterien für Teleostier keineswegs von Allgemeingültigkeit ist. Es muß vielmehr die Entwicklung der Branchialarterien von Fall zu Fall durch eine spezielle Untersuchung geklärt werden.

Bei *Clupea harengus* wurde im dorsalen Kiemenbogenbereich eine Verdoppelung der Arteria efferens IV angetroffen, mit allerdings viel kleinerem Nebengefäß; ich habe vorn (vgl. S. 441) diese Besonderheit funktionell zu erklären versucht. Sie könnte aber vielleicht auch ein Rudiment ursprünglicher Verhältnisse darstellen, wenn bei den Osteichthyes eine Verdoppelung der efferenten Branchialarterien als Primitivmerkmal gelten darf.

Eine weitere hier auftauchende Frage ist, ob die bei Selachiern auftretenden Längskommissuren, die um die Kiemenspalten herum

die Arteriae efferentes benachbarter Kiemenbögen miteinander verbinden, noch bei Osteichthyes anzutreffen sind. Bei *Amia calva* (Allis 1912) scheint es noch der Fall zu sein; auch bei Dipnoern können, wie das Beispiel *Ceratodus forsteri* (Grodzinski 1938 nach Spencer 1893) zeigt, alle efferenten Branchialarterien im epibranchialen Bereich durch Längsanastomosen miteinander verbunden sein. Unter den Teleostiern noch voll ausgebildet sind solche Kommissuren bei den Lyomeri (Tschernavin 1947[3]). Sonst scheinen bei Teleostiern Längsanastomosen im epibranchialen Bereich nie ausgebildet zu sein, sofern man nicht gewillt ist, die bei den meisten Arten verwirklichte Vereinigung der Arteriae efferentes III + IV zu einem gemeinsamen Stamm als Relikt einer solchen Längskommissur zu deuten. Sie sind aber im hypobranchialen Bereich — wenn auch weitgehend reduziert — bei einzelnen Vertretern anzutreffen (vor allem bei *Microgadus tomcod;* vgl. Abb. 33, S. 487); diese Verhältnisse werden bei der Besprechung des hypobranchialen Teilsystems erörtert. Es scheint aber, daß die von Allis (1912) für *Salmo salar* beschriebenen Adern, die den Arteriae efferentes nahe deren Ventralende bzw. nahe dem dorsalen Ende der Kiemenspalte entspringen und die entsprechenden Regionen der benachbarten Kiemenbögen versorgen, auf Rudimente solcher Längskommissuren zurückzuführen sind.

2. Das hypobranchiale arterielle Gefäßsystem

Die Versorgungsgefäße der ventral der Kiemen gelegenen Organe wurzeln im ventralen Bereich der efferenten Branchialarterien. Doch herrscht bei den einzelnen Arten bezüglich der Ausbildung dieses Versorgungssystems große Mannigfaltigkeit. Die fast immer unpaare Arteria hypobranchialis media, die ventral des Truncus arteriosus kaudad zieht, entspringt den efferenten Arterien des 2. Kiemenbogens bei *Clupea harengus* (vgl. Abb. 5, S. 445), *Scomber scombrus* (vgl. Abb. 21, S. 466), *Trigla gurnardus* (vgl. Abb. 27, S. 472 und *Pleuronectes platessa* (Cole und Johnstone 1901; vgl. Abb. 32, S. 485); ein gleiches Verhalten zeigen nach Sil-

[3] Wegen der exceptionellen Anordnung der Gefäße, die kaum einen Vergleich mit den Verhältnissen bei Teleostiern gestattet, und weil auch aus anderen Befunden heraus ihre Zugehörigkeit zu den Teleostiern angezweifelt wird (Tschernavin 1947), werden die Lyomeri bei der weiteren vergleichenden Betrachtung des arteriellen Gefäßsystems nicht berücksichtigt.

vester (1904) *Pomolobus mediocris, Conger conger, Lopholatilus chamaeleonticeps, Opsanus tau, Myoxocephalus octodecimspinosus, Limanda ferruginea, Spheroides maculatus*, nach Allen (1905) *Sebastodes, Hexagrammos, Scorpaenichthys*, alle von Schöttle (1932) untersuchten Gobiodiei sowie nach Pollak (1960) *Perca fluviatilis. Misgurnus fossilis* (Pollak 1961) besitzt paarige Hypobranchialarterien; diese Arterien entspringen jederseits von der Arteria efferens II und verlaufen auf der Ventralseite des Truncus arteriosus nach hinten. Bei *Lebistes reticulatus* (Gottschalk 1955) wird von dem vorderen Gabelast der Arteria efferens II jederseits eine als Arteria hypobranchialis lateralis bezeichnete Ader abgegeben. Diese Gefäße ziehen im seitlichen Bereich des Branchialbodens nach hinten. Der hintere Abschnitt des Branchialbodens wird von Adern versorgt, die jederseits vom Subclaviasystem herrühren; Gottschalk (1955) bezeichnet diese Adern als Arteriae hypobranchiales posteriores.

Bei *Coregonus lavaretus* (vgl. Abb. 10, S. 452), *Osmerus eperlanus* (vgl. Abb. 13, S. 454) und *Esox lucius* (Allis 1912) nimmt die Arteria hypobranchialis media ihren Ursprung von den efferenten Arterien des 3. Kiemenbogens. Bei *Belone belone* (vgl. Abb. 16, S. 460) fehlt diese Versorgungsader; hier wird dem Musculus sternohyoideus von einem Seitenzweig der noch zu besprechenden Arteria coronaria dorsalis arterielles Blut zugeführt. Bei *Gadus morrhua* (Bridge 1904), *Gadus aeglefinus* (Allis 1912) und *Lophius piscatorius* (Silvester 1904) entspringt die Arteria hypobranchialis media von longitudinalen Kommissuren, die jederseits die Ventralenden der Arteriae efferentes I + II verbinden. Bei *Ophiodon elongatus* (Allen 1905) wird diese Arterie von den efferenten Arterien des 2. Kiemenbogens abgegeben, doch münden auch die ventralen Verlängerungen der efferenten Arterien des 3. Kiemenbogens in dieses Versorgungsgefäß ein. *Microgadus tomcod* (Silvester 1904) nimmt eine Sonderstellung unter den Teleostiern ein, indem die Ventralenden der Arteriae efferentes I — III durch longitudinale Kommissuren miteinander verbunden sind; die Arteria hypobranchialis media nimmt jederseits von deren kaudalem Bereich ihren Ursprung (vgl. Abb. 33, S. 487).

Die aus dieser Aufstellung zum Ausdruck kommende Mannigfaltigkeit des Ursprungs der Arteria hypobranchialis media wird noch erhöht durch das Auftreten von Asymmetrien. So wird diese Arterie bei *Clupea harengus* (vgl. Abb. 5, S. 445), *Osmerus eper-*

lanus (vgl. Abb. 13, S. 454) und *Conger conger* (Silvester 1904) nur linksseitig, bei *Coregonus lavaretus* (vgl. Abb. 10, S. 452) und *Pomolobus mediocris* (Silvester 1904) nur rechtsseitig versorgt. Besonders auffällig ist in diesem Zusammenhang die Kommissur, die, nur bei *Clupea harengus* gefunden, deren Arteria hypobranchialis media mit der Arteria mandibularis afferens dextra verbindet.

Der einseitige Ursprung der Arteria hypobranchialis media ist zugleich ein Symptom für deren schwache Ausbildung bei den vorstehend beschriebenen Clupeiformes. Dieser Sachverhalt wird besonders augenfällig im Vergleich zu Formen mit bruststständigen Bauchflossen, wie *Scomber scombrus*, *Gobius panizzae* (Schöttle 1932) und *Trigla gurnardus*. Hier setzt sich diese stark ausgeprägte Ader über den Schultergürtel hinaus kaudad fort und versorgt auch die Bauchflossenmuskulatur. Dieses Verhalten der Arteria hypobranchialis media scheint bei Bruststständigkeit der Bauchflossen die Regel (Grodzinski 1938 nach mehreren Autoren). Bei *Pleuronectes platessa* (vgl. Abb. 32) erreicht die Arteria hypo-

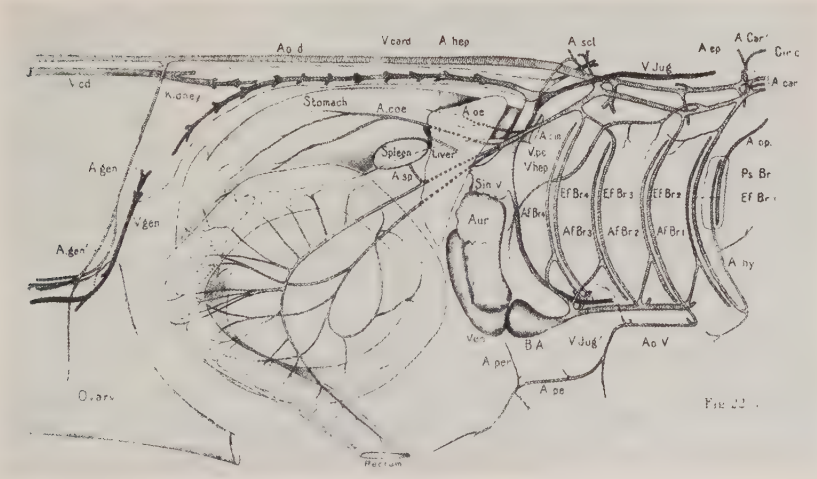

Abb. 32. *Pleuronectes platessa:* Diagramm der Hauptgefäße; Arterien schraffiert (Cole und Johnstone 1901). A. car., internal carotid artery; A. car'., external carotid artery; A. cm., coeliaco-mesenteric artery; A. ep., epibranchial artery = Aorta lateralis; Af. Br. 1—4, first to fourth afferent branchial arteries; A. gen., genital artery; A. hy., hyoidean artery = Arteria mandibularis afferens; Ao. d., dorsal aorta; A. op., ophthalmic artery; Ao. v., ventral aorta; A. pe., pelvic artery; A. per., pericardial artery; A. scl., subclavian artery; Ef. Br. 1—4, first to fourth efferent branchial arteries.

branchialis media (Pelvic artery nach Cole und Johnstone 1901) mit ihren Endzweigen die allerdings weit nach vorn verlagerte Analregion. Die bei *Scomber scombrus* beobachtete Anastomose der Arteria hypobranchialis media mit dem Subclavia-System ist selten: z. B. *Lopholatilus chamaeleonticeps* (Silvester 1904), *Ophiodon elongatus* (Allen 1905), *Myoxocephalus octodecimspinosus* (Silvester 1904).

Bei *Trigla gurnardus* ist die Arteria hypobranchialis media viel stärker ausgeprägt als bei *Scomber scombrus*. Die starken Zweige, die jederseits vor der Basalplatte der Bauchflossen zum Schultergürtel hin entlassen werden, stellen eine besondere Spezialisation dar. Denn diese überaus reiche Blutversorgung der Brustflossenmuskulatur steht in einem unmittelbaren Zusammenhang mit Funktionsbesonderheiten der Brustflossen bei diesen Fischen. Die Trigliden sind als ausgesprochene Grundbewohner vermittels der Appendices dactyloidei der Brustflossen zu einer modifizierten Fortbewegung auf dem Meeresboden befähigt. Diese „fingerartigen Fortsätze" haben sich jederseits aus den drei unteren Flossenstrahlen der Brustflossen herausgebildet. Eine reich gegliederte Muskulatur verleiht den Appendices dactyloidei eine differenzierte und rasche Beweglichkeit (Belling 1911).

Die Versorgung im besonderen des Herzens erfolgt in ganz unterschiedlicher Weise. Während bei *Clupea harengus*, *Esox lucius* (Allis 1912), *Misgurnus fossilis* (Pollak 1961) und *Perca fluviatilis* (Pollak 1960) die Arteria hypobranchialis media selbst in das Pericard eintritt, wird bei *Coregonus lavaretus* (vgl. Abb. 10, S. 452) von dieser Ader eine Arteria coronaria dorsalis abgegeben, die dorsal des Truncus arteriosus zum Herzen zieht. Bei *Scomber scombrus* (vgl. Abb. 21, S. 466) entsteht die Arteria coronaria dorsalis unabhängig von der Arteria hypobranchialis media durch Vereinigung der ventralen Verlängerungen der Arteriae efferentes III. Bei *Belone belone* (vgl. Abb. 16, S. 460), der die Arteria hypobranchialis media fehlt, und *Trigla gurnardus* (vgl. Abb. 27, S. 472) nimmt sie ihren Ursprung asymmetrisch von der Arteria efferens sinistra III. Bei *Ophiodon elongatus* (Allen 1905) wird die Versorgungsader des Herzens von der Arteria efferens sinistra III abgegeben, kurz bevor sie in die Arteria hypobranchialis media einmündet. Diese Ader verläuft dorsal des Truncus arteriosus kaudad, gabelt sich jedoch bald in die Arteria coronaria dorsalis und Arteria coronaria ventralis, die dorsal, bzw. ventral des Truncus arte-

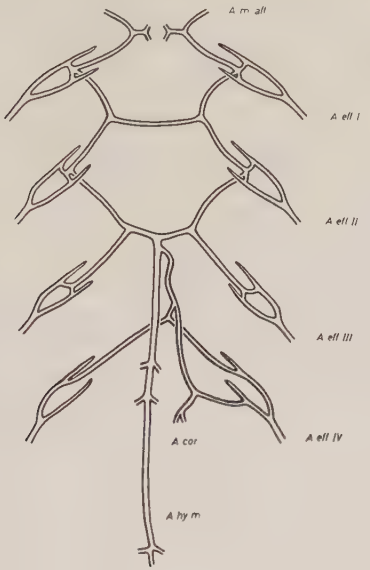

Abb. 33. *Microgadus tomcod:* Das hypobranchiale arterielle Gefäßsystem in Ventralansicht (nach Silvester 1904).

riosus zum Herzen ziehen. Bei *Microgadus tomcod* (Silvester 1904) wird die Koronararterie von der Arteria hypobranchialis media kurz nach ihrer Entstehung abgegeben; aber in sie mündet ein Stamm, der in der Medianen von ventralen Verlängerungen der äußeren Hemibranchien der Arteriae efferentes IV gebildet wird. Darüber hinaus besteht eine Anastomose der inneren Hemibranchie der Arteria efferens sinistra IV mit der Versorgungsader des Herzens (vgl. Abb. 33). Eine Versorgung des Herzens allein vom 4. Kiemenbogen ist für *Clarias lazera* (Nawar 1955) erwiesen. Hier entspringen die immer ungleich starken Wurzelstämme der als „hypobranchial artery" bezeichneten Ader im dorsalen Bereich der Arteriae efferentes IV. Sie ziehen mediad-rostrad und bilden in der Medianen dorsal des Atrium einen gemeinsamen Stamm, der oberhalb des Ventrikel nach vorn verläuft. Von dieser Ader, der „hypobranchial artery", zweigt auch die Koronararterie kaudad ab.

Auf ungewöhnliche Weise erfolgt die Versorgung des Herzens bei *Conger conger* (Silvester 1904) und *Anguilla anguilla* (Mott 1950): hier wird jederseits eine Ader von den Arteriae efferentes II oberhalb der Kiemenspalten abgegeben. Bei *Anguilla anguilla* — für *Conger conger* liegt keine Beschreibung des weiteren Verlaufes dieser Arterie vor — zieht diese Ader oberhalb der Kiemenspalten kaudad, biegt dann ventrad ab und erreicht das Herz. Ein weder benannter noch beschriebener Seitenzweig, der hinter den Kiemenspalten ventrad-rostrad entlassen wird, scheint die Funktion der offenbar fehlenden Arteria hypobranchialis media zu übernehmen (vgl. Abb. 34, S. 489).

Bei *Osmerus eperlanus* (vgl. Abb. 13, S. 454) konnte eine vom hypobranchialen Teilsystem herrührende Herzarterie nicht nachgewiesen werden. Doch zieht von jeder Arteria subclavia jeweils ein Seitenzweig zum Pericard. Es ist anzunehmen, daß hier die Versorgung des Herzens über die kardialen Ligamente erfolgt. Ähnlich sind die Verhältnisse bei *Pleuronectes platessa* (Cole und Johnstone 1901), wo ein Seitenzweig der als „Pelvic artery" bezeichneten Arteria hypobranchialis media von unten her das Pericard erreicht (vgl. Abb. 32, S. 485). Bei *Malacosteus niger* (Günther und Deckert 1956) ist überhaupt kein hypobranchiales arterielles Teilsystem gefunden worden, doch haben die Verfasser die Frage offen gelassen, ob dieser Befund als gesichert gelten darf; er verlangt also eine Nachuntersuchung.

3. Die Arteria mandibularis afferens, die Versorgung der Pseudobranchie und die Arteria pseudobranchialis efferens

Die Arteria mandibularis afferens nimmt bei den meisten Teleostiern allein von der Arteria efferens I ihren Ursprung. Sie stellt bei den meisten untersuchten Isospondyli die einzige Versorgungsader der Pseudobranchie dar. Doch schon hier ist die Entwicklungstendenz zu einer zusätzlichen Versorgung der Pseudobranchie zu beobachten. So führt bei *Pomolobus mediocris* (Silvester 1904) und bei *Engraulis encrasicholus* (Günther 1962) auch ein Zweig der Carotis externa als sekundäre afferente Pseudobranchialarterie der Pseudobranchie Blut zu.

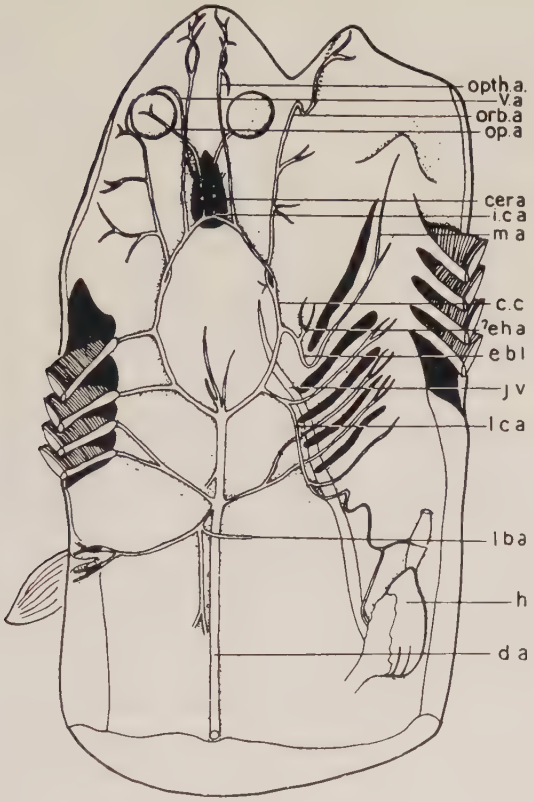

Abb. 34. *Anguilla anguilla:* Die Hauptarterienstämme der Kopfregion (Mott 1950). opth. a., ophthalmic artery (= Arteria orbito-nasalis); V. a., Virchow's „peculiary proceeding vessel"; orb. a., orbital artery (= Carotis externa); op. a., optic artery (= Arteria optica); cer. a., cerebral artery; i. c. a., internal carotid artery (= Carotis interna); m. a., mandibular artery (= Arteria mandibularis afferens); c. c., circulus cephalicus (Der Verweisungsstrich führt an die Carotis communis als Bestandteil des Circulus cephalicus.); e. h. a., efferent hyoidean artery; e. b. 1, first efferent branchial artery (= Arteria efferens I); j. v., jugular vein; l. c. a., left coronar artery; l. b. a., left brachial artery; h., heart; d. a., dorsal aorta (= Aorta medialis).

Dieser Zug wird beinahe charakteristisch für die Acanthopterygii: *Microgadus tomcod* (Silvester 1904), *Perca fluviatilis* (Pollak 1960), *Scomber scombrus* (vgl. Abb. 21, S. 466), *Periophthalmus koelreuteri, Boleophthalmus boddaerti* (Schöttle 1932), *Opsanus tau* (Silvester 1904), *Trigla gurnardus* (vgl. Abb. 27, S. 472), *Myoxocephalus octodecimspinosus, Limanda fer-*

ruginea (Silvester 1904), *Syngnathus* (Rauther 1925). *Myoxocephalus octodecimspinosus* (Silvester 1904) besitzt außerdem eine direkte Verbindung von dem dorsalen Bereich der Arteria efferens I zur afferenten Pseudobranchialarterie, die durch die Vereinigung der primären und der sekundären afferenten Pseudobranchialarterie entsteht. Eigene Wege ist die Gattung *Gadus (G. morrhua* — Bridge 1904, *G. aeglefinus* — Allis 1912) gegangen, wo die sekundäre afferente Pseudobranchialarterie ihren Ursprung von der Carotis interna nimmt. Doch können auch Acanthopterygii in der Versorgung der Pseudobranchie sich durchaus ursprünglich verhalten, wie *Gobius panizzae, Periophthalmus schlosseri, P. vulgaris, P. chrysospilos* (Schöttle 1932) zeigen, wo eine sekundäre afferente Pseudobranchialarterie nicht ausgebildet ist. Bei *Pleuronectes platessa* (Cole und Johnstone 1901) wird die Pseudobranchie ebenfalls durch die Arteria mandibularis afferens versorgt, doch ist diese Arterie durch eine Anastomose mit der Carotis externa verbunden.

Nachdem nun einmal eine Verbindung — sei es über die Carotis externa, sei es über die Carotis interna — zwischen der Pseudobranchie und den dorsalen Aortenstämmen hergestellt ist, kann als eine Sekundärentwicklung die Arteria mandibularis afferens, also die primäre afferente Pseudobranchialarterie, jegliche Bedeutung bei der Versorgung der Pseudobranchie verlieren. Bei *Ophiodon elongatus* (Allen 1905) kommunizieren zwar die Arteria mandibularis afferens und die Carotis externa noch miteinander, doch erfolgt nach der Topographie dieser Gefäße die Versorgung der Pseudobranchie ausschließlich durch einen Seitenzweig der Carotis externa. Bei anderen Arten ist selbst eine Anastomose zwischen der Arteria mandibularis afferens einerseits und den Kopfgefäßen andererseits nicht mehr ausgebildet. Wir treffen solche Verhältnisse an bei *Amia calva, Esox lucius* (Allis 1912) und *Ameiurus* (Allis 1908), wo die sekundäre afferente Pseudobranchialarterie von der Carotis interna herrührt, sowie bei *Lebistes reticulatus* (Gottschalk 1955), *Belone belone* (vgl. Abb. 16, S. 460) und *Boleophthalmus viridis* (Schöttle 1932), wo die Pseudobranchie von einem Zweig der Carotis externa versorgt wird. Bei *Esox lucius* ist die Arteria mandibularis afferens schwach entwickelt und nur bis zur Mitte des Ceratohyale zu verfolgen. Bei *Belone belone* ist die alleinige Versorgung der Pseudobranchie durch die Carotis externa deutlich funktionsbedingt: Die

Arteria mandibularis afferens ist zwar stark ausgeprägt, doch ist sie vollkommen in den Dienst der Versorgung des Musculus protractor hyoidei getreten, der im Vergleich zu Verhältnissen bei anderen Arten mächtig entwickelt ist. Dieser Muskel ist bei der Unfähigkeit von *Belone belone* zu einer ausreichenden Splanchnokinetik zum Hauptatemmuskel geworden (mündliche Mitteilung Arlt). Ebenfalls als funktionsbedingte Modalität ist die Unterbrechung der Verbindung der Arteria mandibularis afferens zur Pseudobranchie bei *Boleophthalmus viridis* (Schöttle 1932) zu deuten. Hier zweigt sich die Arteria mandibularis afferens reich in dem Epithel von Mund- und Kiemenhöhle auf, das die Funktion eines akzessorischen Atmungsorgans hat.

Normalerweise wird das Blut der Pseudobranchie von der Arteria pseudobranchialis efferens gesammelt und durch die Arteria ophthalmica magna dem Auge zugeführt, wo sie in der Chorioidea ein Wundernetz — „Corpus chorioidale" — bildet. Die efferenten Pseudobranchialarterien beider Seiten sind durch eine Queranastomose miteinander verbunden. Doch ist nicht selten eine Reduktion dieses Versorgungssystems zu beobachten, die bei den einzelnen Arten verschieden weit fortgeschritten sein kann. Bei *Nemachilus barbatulus* (Zwehl 1961) endigt die schwache Arteria pseudobranchialis efferens im Musculus adductor mandibulae bzw. in der Rachenschleimhaut, oder sie gewinnt Anschluß an die Carotis interna. Eine solche Anastomose tritt in der Embryonalentwicklung immer auf und ist gelegentlich im adulten Zustand auch bei Formen mit wohlausgebildeter Arteria ophthalmica magna anzutreffen (*Amia calva*, *Scomber scombrus* — Allis 1903). Der nächste Reduktionsschritt, der bei *Ameiurus* (Allis 1908) verwirklicht ist, würde zu einem Fortfall der Arteria pseudobranchialis efferens führen. Der letzte Reduktionsschritt würde die Pseudobranchie selbst betreffen. Eine Rückbildung der Pseudobranchie kann schon mit den vorstehend geschilderten Reduktionsschritten einhergehen und in letzter Konsequenz zu einem vollständigen Schwinden dieses Organs führen. Nach Müller (1841) fehlt die Pseudobranchie selten bei den Acanthopterygii, dagegen den meisten Siluroidei und Apodes. Bei Formen, die einer Pseudobranchie ermangeln, sind die Augen nicht selten in ihrer Größe deutlich reduziert: z. B. *Nemachilus barbatulus* (Zwehl 1961); *Misgurnus fossilis* (Pollak 1961); *Clarias lazera* (Nawar 1955); *Silurus*, *Anguilla* (Müller 1841). Nach Müller (1841) ist bei den

meisten Arten ohne Pseudobranchie auch das „Corpus chorioidale" im Auge nicht ausgebildet. Lediglich bei Vertretern der Gattungen *Osteoglossum*, *Notopterus* und *Erythrinus* konnte er ein Rudiment dieses Organs nachweisen, obwohl ihnen die Pseudobranchie fehlt.

Diese Befunde machen den unmittelbaren Zusammenhang zwischen Pseudobranchie und „Corpus chorioidale" deutlich. Die Arteria pseudobranchialis efferens und die Arteria ophthalmica magna, die ihr Blut einzig und allein dem „Corpus chorioidale" zuleiten, bilden mit den oben genannten Organen eine funktionelle Einheit. Der Begriff „Arteria ophthalmica magna" ist daher als an diesen strukturellen Zusammenhang gebunden zu sehen. Wenn neben der Arteria optica eine Ader, die, wie bei *Malacosteus niger* (Günther und Deckert 1956), *Misgurnus fossilis* (Pollak 1961), *Silurus* (Müller 1841) und *Ameiurus* (Allis 1908), von der Carotis interna ihren Ursprung nimmt, sich an der Versorgung des Auges beteiligt, dann sollte aus obigen Erwägungen heraus für dieselbe eine neutrale Bezeichnung gewählt werden.

4. Das epibranchiale arterielle Gefäßsystem

Das dorsale Längsgefäß ist in seinem vorderen Abschnitt paarig angelegt und bildet hier die beiden „Aortenwurzeln" der vergleichenden Wirbeltiermorphologie, die bei den Fischen als die *Aortae laterales* bezeichnet werden; sie vereinigen sich hinter der Kopfregion zur unpaaren Aorta medialis. Schon bei *Branchiostoma* und, soweit bekannt, bei den Agnatha voll ausgebildet, sind die Aortae laterales zweifellos ein Primitivmerkmal der Wirbeltierorganisation. Bei den Chondrichthyes und bei den Osteichthyes unterliegt ihre Ausbildung immer wieder einer deutlichen Reduktion. Die Reduktion der Aortae laterales zugunsten der unpaaren Aorta medialis kann praktisch bis zum völligen Verschwinden gehen. Dieses also hoch abgeleitete Verhalten wird sonderbarerweise bei einigen Teleostiern beobachtet, die sonst als ursprüngliche Vertreter der ohnehin primitiven Isospondyli angesehen werden müssen, so bei *Clupea harengus* (vgl. Abb. 5, S. 445), *Pomolobus mediocris* (Silvester 1904) und *Engraulis encrasicholus* (Günther 1962). In diesen Fällen, in denen die Arteriae efferentes I nahezu geradlinig aufeinander zulaufen und die Aorta medialis bilden, ist es eigentlich nur Konvention, wenn der relativ

kurze Abschnitt zwischen der Aorta medialis und der Karotidenwurzel dennoch als die Aorta lateralis dieser Fische bezeichnet wird.

Bei den meisten daraufhin untersuchten Teleostiern münden nur die Arteriae efferentes der beiden ersten Kiemenbögen in die Aortae laterales, während die ohnehin meist vereinigten Mündungsstämme der Arteriae efferentes III +IV in symmetrischer Anordnung — als einzige Ausnahme ist bisher *Photostomias guernei* (Günther und Deckert 1956) bekannt, wo diese Stämme leicht gegeneinander verschoben sind — erst in die unpaare Aorta medialis eintreten. Im übrigen hat man den Eindruck, als wenn für die Teleostier ein freilich für uns noch unerkennbarer Funktionsvorteil darin läge, wenigstens die Arteriae efferentes III + IV nicht in die Aortae laterales, sondern in die Aorta medialis münden zu lassen. Dieser Eindruck wird besonders verstärkt durch die Beobachtung der entsprechenden Situation z. B. bei *Trigla gurnardus* (vgl. Abb. 27, S. 472): Hier erstrecken sich die Aortae laterales noch sehr weit kaudad und weit genug, um ohne weiteres auch die Arteriae efferentes III + IV aufnehmen zu können; dennoch „vermeiden" es die auf beiden Seiten jeweils vereinigten Mündungsstämme dieser efferenten Arterien geradezu, sich in die Aortae laterales zu ergießen; sondern sie ziehen parallel zu ihnen — und im übrigen beiderseits in etwas verschiedener asymmetrischer Konfiguration — kaudad, um erst hinter der Vereinigung der Aortae laterales in die Aorta medialis einzumünden.

Die Vereinigung der Arteriae efferentes III + IV auf jeder Seite kann vielleicht für Teleostier als unsprünglich gelten. Denn nach der vorliegenden Literatur machen darin eine Ausnahme nur *Engraulis encrasicholus* (Günther 1962), wo die Arteriae efferentes III + IV unabhängig voneinander in die Aorta medialis münden, sowie *Microgadus tomcod* (Silvester 1904), *Gadus morrhua* (Bridge 1904 nach Parker), *Motella tricirrhata* (Ridewood 1899), *Gobius panizzae* (Schöttle 1932) und *Syngnathus acus* (Ridewood 1899), wo diese Arterien getrennt von den Aortae laterales aufgenommen werden. Bei *Engraulis encrasicholus* münden die efferenten Arterien der beiden letzten Kiemenbögen weit entfernt voneinander in die Aorta medialis (Günther 1962); aber diese Verhältnisse scheinen hier in so deutlichem Zusammenhang mit der hochspezialisiert besonderen Ausbildung der Dorsalelemente des 3. und 4. Kiemenbogens und

ihrer Muskulatur zu stehen (Günther mündliche Mitt.), daß die getrennte Einmündung dieser Arterien als abgeleitet erscheinen mag.

Als intermediär zwischen den beiden vorstehend geschilderten Einmündungsmodi der Arteriae efferentes III + IV kann das gemeinsame Einmünden dieser Arterien gelten. Dieses Verhalten ist von Ridewood (1899) für die folgenden Arten angegeben: *Salmo salar*, *Liocassis longirostris*, *Callichthys littoralis*, *Gadus aeglefinus*, *Labrax lupus*, *Ammodytes lanceolatus*, *Scomber scombrus*. Doch ist nach Allis (1912) bei *Gadus aeglefinus* sowie nach eigener Untersuchung bei *Scomber scombrus* ein kurzer gemeinsamer Stamm ausgebildet. Diese verschiedenen Ergebnisse finden wohl in einer unterschiedlichen Ausdeutung durch die Untersuchenden ihre Erklärung. Im übrigen betrachtet Ridewood (1899) die getrennte Einmündung dieser Arterien als ursprünglich, während der abgeleitete Zustand der Bildung eines gemeinsamen Stammes sich über eine gemeinsame Einmündung entwickelt haben soll.

Auch die jederseits gemeinsamen Mündungsstämme der Arteriae efferentes III + IV können wieder vor ihrem Eintritt in das dorsale Längsgefäß sich noch zu einem unpaaren Stamm vereinigen, der von unten her in die Aorta medialis einmündet. Wir treffen diese Verhältnisse an bei *Clupea harengus* (vgl. Abb. 2, S. 441; Abb. 3, S. 442), *Pomolobus mediocris* (Silvester 1904), *Malacosteus niger* (Günther und Deckert 1956) und *Perca fluviatilis* (Pollak 1960).

Wie schon aus alledem hervorgeht, ist bei den Teleostiern in der Anordnung der efferenten Branchialarterien eine große Mannigfaltigkeit verwirklicht. Ridewood (1899) hat dazu eine Untersuchung an 61 Arten, die 57 Gattungen angehören, durchgeführt und vier Typen des Verhaltens der efferenten Branchialarterien zu den dorsalen Aortenstämmen unterschieden. Er hat *Clupea harengus* und *Engraulis encrasicholus* — weil die efferenten Arterien nur des 1. Kiemenbogens in die Aortae laterales münden — einem „Typus A" zugeordnet. Weiterhin rechnet Ridewood (1899) auch *Megalops cyprinoides*, *Chirocentrus dorab*, *Ammodytes lanceolatus* und *Balistes aculeatus* zum „Typus A"; doch ist bei diesen Arten zu *Clupea harengus* und *Engraulis encrasicholus* insofern ein Unterschied gegeben, als die Arteriae efferentes I nicht aufeinander zulaufen und die Aorta medialis bilden (vgl. S. 492), sondern in Längsgefäße münden, die ihres Verlaufes wegen mit Sicherheit als

Aortae laterales angesprochen werden müssen. *Osmerus eperlanus* und *Scomber scombrus* stellen den „Typus B" nach Ridewood dar, dem *Coregonus lavaretus* und *Pleuronectes platessa* (nach meinem Befund) ebenfalls angehören; er ist gekennzeichnet dadurch, daß die Arteriae efferentes I + II in die Aortae laterales münden, während die Arteriae efferentes III + IV erst weiter kaudad von der Aorta medialis aufgenommen werden. Bei *Belone belone* (vgl. Abb. 16, S. 460) und *Trigla gurnardus* (vgl. Abb. 27, S. 472) verhalten sich die Arteriae efferentes I + II wie bei „Typus B", doch münden die Arteriae efferentes III + IV in die Aorta medialis unmittelbar nach deren Bildung durch die Aortae laterales ein; hier liegt der „Typus C" nach Ridewood vor. Sein „Typus D" schließlich, bei dem alle vier Arteriae efferentes ihr Blut den Aortae laterales zuleiten, ist ebenso wie der „Typus A" bei Teleostiern nicht häufig anzutreffen; wir finden ihn ausgeprägt bei *Microgadus tomcod* (Silvester 1904), *Gadus morrhua* (Bridge 1904) nach Parker), *Gadus aeglefinus* (Allis 1912), *Molva vulgaris*, *Motella tricirrhata*, *Blennius pholis*, *Gasterosteus spinachia* (Ridewood 1899), *Gobius panizzae*, *Periophthalmus vulgaris*, *Boleophthalmus boddaerti* (Schöttle 1932), *Pleuronectes platessa* (nach dem Befund von Cole und Johnstone 1901), *Syngnathus acus*, *Hippocampus guttulatus*, *Mola truncatus* (Ridewood 1899).

Ridewood (1899) ist bei der Aufstellung seiner Typen von der irrigen Voraussetzung ausgegangen, daß die Carotides internae sich rostrad stets in der Medianen vereinigen und somit mit den Aortae laterales einen geschlossenen Gefäßring bilden, der von Hyrtl als „Circulus cephalicus" bezeichnet worden ist. Grodzinski (1938) hat aus der Einsicht in diesen Irrtum von Ridewood dessen Schema in der Weise abgewandelt, daß er den modifizierten ursprünglichen Typen einen 5. Typus voranstellte: dieser soll die Formen aufnehmen, bei denen ein „Circulus cephalicus" nicht ausgebildet ist. Aber dem Schema von Grodzinski zufolge müßten alle von mir untersuchten Isospondyli diesem neuen Typus zugeordnet werden. Danach läßt ein Vergleich des Verhaltens der Arteriae efferentes bei den Arten, denen der „Circulus cephalicus" fehlt, das Vorgehen Grodzinskis als zweifelhaft erscheinen. Denn hier sind Formen miteinander vereinigt, die nach dem ursprünglichen Schema von Ridewood (1899) verschiedenen Typen angehören würden. Ein weiteres Argument gegen

Grodzinski resultiert aus dem Befund bei *Trigla gurnardus*, demzufolge der „Circulus cephalicus" bei einzelnen Exemplaren auch fehlen kann (vgl. S. 474). Eine ähnliche Beobachtung — doch mit umgekehrtem Vorzeichen — machte v. Zwehl (1961) an *Phoxinus laevis* und *Nemachilus barbatulus*, wo, allerdings selten, eine Anastomose zwischen den Carotides internae ausgebildet sein kann.

Aus diesen Hinweisen wird deutlich, daß Grodzinski (1938) sein nach Ridewood (1899) modifiziertes Typensystem auf heterogene Kriterien gegründet hat, die nicht in einem Ordnungsschema zum Ausdruck kommen können. Aus dieser Feststellung ergibt sich, daß seinem Schema von vorneherein kein Ordnungswert zukommen kann. Es erscheint daher als am zweckmäßigsten, zu der von Ridewood (1899) vorgeschlagenen Einteilung zurückzukehren, wobei allerdings in der Formulierung „... die Arteriae efferentes münden in den ‚Circulus cephalicus' ..." der Begriff „Circulus cephalicus" durch „Aortae laterales" ersetzt werden müßte.

Es ist bereits von Ridewood (1899) betont worden, daß mit der von ihm erstellten Klassifikation des Verhaltens der efferenten Branchialarterien zu den dorsalen Längsstämmen eine phylogenetische Signifikanz nicht gegeben ist. Zwar ist die Anordnung der Arteriae efferentes bei Arten der gleichen Gattung sehr ähnlich und variiert in der Regel nicht stark innerhalb einer Familie, doch sind andererseits die gleichen Typen bei weit auseinanderstehenden Gruppen der Teleostier immer wieder anzutreffen. Lediglich bei den von Schöttle (1932) untersuchten Gobioidei treten innerhalb einer Gattung in der Anordnung dieser Gefäße größere Unterschiede auf.

Die Arteria coeliaca-mesenterica verhält sich bei Teleostiern in ihrem Ursprung recht variabel. Bei *Clupea harengus* (vgl. Abb. 5, S. 445), *Coregonus lavaretus* (vgl. Abb. 9, S. 451) und *Osmerus eperlanus* (vgl. Abb. 13, S. 454) entspringt dieser Arterie erst weit hinter der Einmündungsstelle der Arteriae efferentes III + IV von der Aorta medialis. Dieses Verhalten kann für die Isospondyli als typisch angeschen werden. Im übrigen hat es den Anschein, als ob in einer Vorverlegung des Ursprunges dieser Arterie ein funktioneller Vorteil gelegen sein müsse, den wir allerdings nicht recht beurteilen können. So ist der Ursprung der Arteria

coeliaca-mesenterica bei manchen Ostariophysi schon näher an die Einmündung der Arteriae efferentes III + IV herangerückt, wie bei *Misgurnus fossilis* (Pollak 1961), *Cobitis taenia, Callichthys littoralis* (Ridewood 1899). Diese Erscheinung ist auch bei *Anarrhichas lupus* (Ridewood 1899), *Scomber scombrus* (vgl. Abb. 21, S. 466), *Fistularia tabaccaria, Mugil capito* (Ridewood 1899) und, wie es *Albula conorhynchus* (Ridewood 1899) zeigt, schon bei den Isospondyli zu beobachten. Oder die Arteria coeliaca-mesenterica entspringt gar an der Einmündungsstelle dieser Arterien, wie es *Malapterurus electricus, Clarias magur* (Ridewood 1899), *Clarias lazera* (Nawar 1955), *Silurus glanis* (Ridewood 1899) als Vertreter der Ostariophysi sowie *Esox lucius* (Allis 1912), *Lopholatilus chamaeleonticeps* (Silvester 1904), *Ammodytes lanceolatus* (Ridewood 1899), *Myoxocephalus octodecimspinosus* (Silvester 1904), *Cottus scorpio, Cyclopterus lumpus* (Ridewood 1899), *Limanda ferruginea* (Silvester 1904) zeigen. Wenn die Arteriae efferentes III + IV in die Aorta medialis sofort nach deren Bildung durch die Aortae laterales eintreten, kann die Arteria coeliaca-mesenterica praktisch von dem „Circulus cephalicus" entspringen; wir treffen diese Verhältnisse an bei *Saccobranchus fossilis* und *Labrus maculatus* (Ridewood 1899). Bei *Syngnathus acus* (Ridewood 1899) wird die Arteria coeliaca-mesenterica in gleicher Weise abgegeben, doch münden hier die efferenten Branchialarterien schon in die Aortae laterales ein. Bei diesem Verhalten der Arteriae efferentes kann die vorerwähnte Entwicklungstendenz zu einer weiteren Vorverlegung des Ursprungs der Arteria coeliaca-mesenterica führen. So entspringt diese Arterie bei *Microgadus tomcod* (Silvester 1904), *Gadus morrhua* (Bridge 1904 nach Parker), *Gadus aeglefinus* und *Tetrodon palembangensis* (Ridewood 1899) von der Aorta lateralis dextra.

Theoretisch wäre ein Ursprung der Arteria coeliaca-mesenterica von einem Lateralaortenstamm auch dann denkbar, wenn die Arteriae efferentes III + IV dicht hinter dem „Circulus cephalicus" in die Aorta medialis einmünden. Doch ist die Evolution einen anderen Weg gegangen, indem der Ursprung der Arteria coeliaca-mesenterica asymmetrisch auf den gemeinsamen Mündungsstamm der Arteriae efferentes dextrae III + IV verlagert worden ist. Diese Konstellation, die bei den Acanthopterygii häufig, für die Perciformes beinahe charakteristisch ist, muß also, wenigstens bei den

Fischen, bei denen sie beobachtet wird, das funktionelle Optimum in der Tendenz zur Vorverlegung des Ursprungs der Arteria coeliaca-mesenterica darstellen. Sie ist bei den folgenden Arten anzutreffen: *Exocoetus brachysoma* (Ridewood 1899), *Belone belone* (vgl. Abb. 16, S. 460), *Perca fluviatilis* (Pollak 1960), *Trigla gurnardus* (vgl. Abb. 27, S. 472), *Trigla cuculus*, *Zeus faber*, *Hippoglossus vulgaris* (Ridewood 1899), *Opsanus tau* (Silvester 1904), *Balistes aculeatus* (Ridewood 1899). Bei *Mola truncatus* ist eine Symmetrie dadurch erreicht, daß von dem gemeinsamen Stamm der Arteriae efferentes III + IV jeder Seite jeweils eine Ader kaudad abgegeben wird, die sich erst weit hinter dem Zusammenfluß der Aortae laterales zur Aorta medialis zu der unpaaren Arteria coeliaca-mesenterica vereinigen.

Für *Pleuronectes platessa* könnte mein Befund, nicht aber der von Cole und Johnstone (1901), zunächst in der Weise gedeutet werden — besonders unter funktioneller Interpretation — daß die jederseits vereinigten Arteriae efferentes III + IV in die Arteria coeliaca-mesenterica münden. Denn der Anschein meines Befundes (vgl. Abb. 29, S. 476) ist deutlich der, daß die sehr starke Arteria coeliaca-mesenterica der Aorta medialis entspringt, die danach als sichtlich reduziertes Gefäß erscheint, während die Arteria coeliaca-mesenterica nach ihrem Ursprung aus der Aorta medialis alsbald die beidseitig jeweils vereinigten efferenten Arterien des 3. und 4. Kiemenbogens aufnimmt. Ohne Zweifel ist bei *Pleuronectes platessa* die Arteria coeliaca-mesenterica gegenüber der Aorta medialis das wichtigere und stärker blutführende Versorgungsgefäß des Hinterkörpers. Diese Erscheinung ist wohl in der lateralen Abflachung und dorsoventralen Körperüberhöhung der Scholle, also funktionell, begründet. Dennoch bin ich der Überzeugung, daß mein Befund, in Übereinstimmung mit entsprechenden Befunden an anderen perciformen Fischen, anders und zwar dahingehend interpretiert werden muß, daß auch bei *Pleuronectes platessa* die Arteria coeliaca-mesenterica aus dem vereinigten Mündungsstamm der Arteriae efferentes dextrae III + IV entspringt. Dafür spricht auch der Befund von Cole und Johnstone (vgl. Abb. 32, S. 485), die ein viel ursprünglicheres Verhalten dieser Gefäße bei *Pleuronectes platessa* antrafen: Nach diesen Autoren treten die jederseits vereinigten Mündungsstämme der Arteriae efferentes III + IV in die zugehörige Aorta lateralis ein; aus dem vereinigten Mündungsstamm der Arteriae efferentes dextrae III + IV ent-

springt, wie bei vielen anderen Acanthopterygii, die Arteria coeliaca-mesenterica. Bei den beiden von mir untersuchten Exemplaren münden im Gegensatz dazu die Arteriae efferentes sinistrae III + IV in den Mündungsstamm der Arteriae efferentes dextrae III + IV, so daß man auch sagen könnte, bei *Pleuronectes platessa* münden die efferenten Arterien der beiden letzten Kiemenbögen, wie bei *Clupea harengus* (vgl. S. 440), *Pomolobus mediocris* (Silvester 1904), *Malacosteus niger* (Günther und Deckert 1956) und *Perca fluviatilis* (Pollak 1960), mit einem einzigen unpaaren Stamm, aus dem bei *Pleuronectes platessa* die Arteria coeliaca-mesenterica entspringt, in die Aorta medialis. Eine Deutung der so unterschiedlichen Befunde im Verhalten der Arteriae efferentes III + IV bei *Pleuronectes platessa* ist gegenwärtig nicht zu geben.

Ein anderes extremes Ergebnis der doch offenbar funktionell bedingten Entwicklungstendenz, die Arteria coeliaca-mesenterica unmittelbar aus den efferenten Branchialarterien der hinteren Kiemenbögen zu speisen, scheint jedenfalls bei einigen Cottoidei verwirklicht zu sein. Hier treten nach Allen (1905) die gemeinsamen Mündungsstämme der Arteriae efferentes III + IV jeder Seite nicht unmittelbar in die Aorta medialis ein, sondern bilden dicht unter der Aorta medialis gleichsam einen Sinus („common chamber" nach Allen) aus, der mit der Aorta medialis in offener Verbindung steht. Aus diesem Sinus entspringt die Arteria coeliaca-mesenterica: *Scorpaenichthys marmoratus*, *Sebastodes flavidus*, *S. melanops*, *S. mystinus*, *S. auriculatus*, *S. carnatus*, *S. nebulosus*, *Hexagrammus decagrammus*, *Ophiodon elongatus* (Allen 1905).

Den Arteriae subclaviae sind als Hauptversorgungsadern des Schultergürtels hinsichtlich einer Verlagerung ihres Ursprungs enge Grenzen gesetzt. Die relative Lage ihres Ursprungs zu den Hauptgefäßen des epibranchialen arteriellen Gefäßsystems wird daher im wesentlichen bestimmt einmal durch die Tendenz zur Rückverlegung der Einmündung der Arteriae efferentes III + IV, zum anderen durch die Tendenz zur Vorverlegung des Ursprungs der Arteria coeliaca-mesenterica. Je nachdem, wie diese beiden Tendenzen sich bei den einzelnen Arten ausgewirkt haben, können wir hinsichtlich der relativen Lage des Ursprungs der Arteriae subclaviae die folgenden Modalitäten unterscheiden:

a) Die Arteriae subclaviae entspringen zwischen der Einmündung der Arteriae efferentes III + IV und dem Ursprung der Arteria coeliaca-mesenterica: *Albula conorhynchus* (Ridewood 1899), *Clupea harengus* (vgl. Abb. 2, S. 441), *Coregonus lavaretus* (vgl. Abb. 9, S. 451), *Lebistes reticulatus* (Gottschalk 1955). Dieser Sachverhalt trifft anscheinend auch für alle von Schöttle (1932) untersuchten Gobioidei zu (Die Arteria coeliaca-mesenterica ist nicht eingezeichnet, so daß geschlossen werden kann, daß diese Arterie erst weiter hinten entspringt.): *Gobius panizzae*, *Periophthalmus schlosseri*, *P. vulgaris*, *Boleophthalmus boddaerti*.

b) Die Arteriae subclaviae werden an der Einmündungsstelle der Arteriae efferentes III + IV vor der Arteria coeliaca-mesenterica entlassen: *Engraulis encrasicholus* (Günther 1962), *Salmo salar* (Ridewood 1899), *Osmerus eperlanus* (vgl. Abb. 12, S. 454), *Liocassius longirostris* (Ridewood 1899), *Anguilla anguilla* (Mott 1950).

c) Die Arteriae subclaviae nehmen ihren Ursprung zusammen mit der Arteria coeliaca-mesenterica hinter der Einmündung der Arteriae efferentes III + IV: *Cobitis taenia* (Ridewood 1899), *Misgurnus fossilis* (Pollak 1961), *Anarrhichas lupus* (Ridewood 1899), *Scomber scombrus* (vgl. Abb. 18, S. 463), *Fistularia tabaccaria*, *Syngnathus acus* (Ridewood 1899).

d) Die Arteriae subclaviae entspringen zusammen mit der Arteria coeliaca-mesenterica an der Einmündungsstelle der Arteriae efferentes III + IV: *Labrus maculatus*, *Ammodytes lanceolatus*, *Cottus scorpio*, *Cyclopterus lumpus* (Ridewood 1899). Bei *Ophiodon elongatus* (Allen 1905) wird von dem bereits erwähnten Sinus (vgl. S. 499) ein kurzer unpaarer Stamm abgegeben, der sich in die Versorgungsgefäße des Schultergürtels gabelt.

e) Die Arteriae subclaviae werden hinter der Arteria coeliaca-mesenterica abgegeben; bei einem asymmetrischen Ursprung der Arteria coeliaca-mesenterica von dem gemeinsamen Mündungsstamm der Arteriae efferentes III + IV können die Arteriae subclaviae dicht hinter der Einmündung der Arteriae efferentes III + IV aus der Aorta medialis entspringen: *Cyprinus carpio*, *Saccobranchus fossilis*, *Clarias magur* (Ridewood 1899), *Clarias lazera* (Nawar 1955), *Callichthys littoralis*,

Silurus glanis, *Exocoetus maculatus* (Ridewood 1899), *Belone belone* (vgl. Abb. 15, S. 459), *Perca fluviatilis* (Pollak 1960), *Labrax lupus* (Ridewood 1899), *Lopholatilus chamaeleonticeps* (Silvester 1904), *Blennius pholis*, *Trigla cuculus* (Ridewood 1899), *Trigla gurnardus* (vgl. Abb. 24, S. 470), *Myoxocephalus octodecimspinosus* (Silvester 1904), *Zeus faber*, *Hippoglossus vulgaris* (Ridewood 1899), *Limanda ferruginea* (Silvester 1904), *Mugil capito* (Ridewood 1899), *Opsanus tau* (Silvester 1904), *Lophius piscatorius* (Ridewood 1899), *Spheroides maculatus* (Silvester 1904), *Balistes aculeatus* (Ridewood 1899). Bei *Microgadus tomcod* (Silvester 1904), *Gadus aeglefinus* (Ridewood 1899) und *Gadus morrhua* (Bridge 1904 nach Parker) erstreckt sich der „Circulus cephalicus" so weit nach hinten, daß die Arteriae subclaviae ihren Ursprung von dem kaudalen Bereich dieses Gefäßringes nehmen können.

f) Die Arteriae subclaviae werden von der Aorta medialis schon vor der Einmündung der Arteriae efferentes III + IV abgegeben: *Megalops cyprinoides* (Ridewood 1899), *Malacosteus niger*, *Photostomias guernei* (Günther und Deckert 1956), *Esox lucius* (Allis 1912). Bei *Monopterus albus* (Liem 1961) nehmen die Arteriae subclaviae mit einem kurzen gemeinsamen Stamm ihren Ursprung von der Aorta medialis unmittelbar nach deren Bildung aus dem letzten Aortenbogen (vgl. S. 507).

5. Die Kopfarterien

Rostrad geben die Aortae laterales die meist nur kurzen Karotidenwurzeln (Carotides communes) ab, die sich dann in die *Carotis interna* und *Carotis externa* gabeln. Bei den von mir untersuchten Isospondyli — *Clupea harengus* (vgl. Abb. 5, S. 445), *Coregoenus lavaretus* (vgl. Abb. 10, S. 452), *Osmerus eperlanus* (vgl. Abb. 13, S. 454) — entspringen diese beiden Arterien gemeinsam, eine Carotis communis ist also nicht ausgebildet. Der gleiche Befund gilt nach Zeichnungen von Silvester (1904) für *Opsanus tau* und *Spheroides maculatus* sowie nach v. Zwehl (1961) für *Phoxinus laevis* und *Nemachilus barbatulus*.

Bei manchen Ostariophysi und allen daraufhin untersuchten Gadiformes ist ein getrennter Ursprung der Kopfarterien zu be-

obachten. Bei *Misgurnus fossilis* (Pollak 1961), *Clarias lazera* (Nawar 1955) und *Ameiurus* (Allis 1908) bildet die Carotis externa — bei *Clarias lazera* von Nawar (1955) fälschlich als Carotis interna gedeutet — die Verlängerung der Aorta lateralis; die Carotis interna entspringt bei *Ameiurus* von der Arteria efferens I kurz vor deren Einmündung in die Aorta lateralis, bei *Misgurnus fossilis* von der Aorta lateralis zwischen den Einmündungsstellen der Arteriae efferentes I + II, bei *Clarias lazera* von der Aorta lateralis gegenüber der Einmündung der Arteria efferens II. Bei *Clarias lazera* werden außerdem von der Aorta lateralis dicht hinter dem Ursprung der Carotis externa zwei weitere Adern abgegeben, die von Nawar (1955) als „epihyoidean artery" und „hyoidean artery" bezeichnet worden sind. Beide Adern treten nach den angegebenen Versorgungsgebieten sonst als Seitenzweige der Carotis externa auf. Die „hyoidean artery" ist, da sie durch ein Foramen des Hyomandibulare tritt, der Arteria hyoidea efferens nach Allis homolog. Bei den Gadiformes bilden im Gegensatz zu den Ostariophysi die Carotides internae die Verlängerung der Aortae laterales. Die Carotides externae werden bei *Microgadus tomcod* (Silvester 1904) und *Gadus aeglefinus* (Allis 1912) von den Aortae laterales kaudal der Einmündung der Arteriae efferentes I, bei *Gadus morrhua* (Bridge 1904 nach Parker) rostral der Einmündung der Arteriae efferentes II abgegeben.

Offensichtlich als eine Sonderanpassung kann die Carotis communis bei manchen Formen stark verlängert sein. Wir treffen solche Verhältnisse an bei *Conger conger* (Silvester 1904), *Anguilla anguilla* (Mott 1955) und *Belone belone* (vgl. Abb. 16, S. 460), ferner auf andere Weise bei *Malacosteus niger* und *Photostomias guernei* (Günther und Deckert 1956); bei diesen Tiefseefischen sind die Carotides communes nach Abgabe der Carotis externa und der Carotis interna mediad verlängert und kommunizieren miteinander in einem hinter dem Neurocranium geschlossenen Bogen, der in der Medianen mit einem Band am Basioccipitale aufgehängt ist. Dieser recht exceptionelle Befund hängt sehr wahrscheinlich mit „kreislauftechnischen" Funktionsnotwendigkeiten zusammen, die sich aus der für Teleostier völlig außergewöhnlichen Beweglichkeit des geradezu mit einem „Halse" ansetzenden Kopfes dieser Fische ergeben (Günther und Deckert 1959).

Während das Versorgungsgebiet der Carotides internae praktisch konstant ist — diese Arterien versorgen Hirn, Augen, Augenmuskeln und die Nasalregion — ist in dieser Hinsicht bei den Carotides externae eine mehr oder minder große Variabilität zu verzeichnen. Dabei ergänzen die Carotides externae und die Arteriae mandibulares afferentes einander im ventralen Bereich der Versorgungsgebiete der Carotides externae, indem die eine stärker ausgeprägt ist, wenn die andere reduziert erscheint oder in den Dienst anderer Aufgaben gestellt ist. Dieser Sachverhalt, der schon bei der Erörterung der Versorgung der Pseudobranchie angedeutet wurde, wird besonders deutlich, wenn wir die Verhältnisse bei *Belone belone* betrachten (vgl. Abb. 16, S. 460). Hier ist, wie bereits S. 460 dargelegt, die Arteria mandibularis afferens ganz in den Dienst der Versorgung des Musculus protractor hyoidei getreten. Die Carotis externa dagegen hat eine starke Entfaltung erfahren. Ein Seitenzweig z. B., der auf das Epihyale übertritt und die hinteren Radii branchiostegi versorgt, übernimmt eine Funktion, die bei anderen Arten ausschließlich Seitenzweigen der Arteria mandibularis afferens zukommt.

6. Die Versorgung der Organe der Leibeshöhle

Über die Versorgung der Organe der Leibeshöhle liegen verhältnismäßig wenig Veröffentlichungen vor. In Zusammenfassungen ist für Teleostier die Versorgung dieser Organe zumindest einseitig dargestellt. Diese Versorgungsadern leiten sich bei allen Fischen von unpaaren ventralen Segmentalarterien her. Nach Grodzinski (1938) führen bei Elasmobranchiern und Dipnoern 3—4 Adern diesen Organen arterielles Blut zu; bei Ganoiden und Teleostiern sollen sich diese Arterien generell zu einem einzigen Stamm, der Arteria coeliaca-mesenterica, vereinigt haben. Harder (1964) dagegen beschreibt, offenbar von den Verhältnissen bei Elasmobranchiern oder von einem Befund bei einer Teleostierart, die ein für Teleostier untypisches Verhalten dieser Adern zeigt, ausgehend, 4 Versorgungsadern der Organe der Leibeshöhle. Er gibt weiterhin an, daß diese Arterien bei den einzelnen Arten die verschiedenartigsten Verbindungen miteinander eingehen können, ja im Extremfalle die Arteria coeliaca-mesenterica bilden.

Nach der vorliegenden Literatur sowie nach eigenen Untersuchungsergebnissen ist für Teleostier die Versorgung der Organe der Leibeshöhle durch nur eine Arterie, nämlich die Arteria coeliaca-mesenterica, freilich als Norm anzusehen; sie stellt das Ergebnis einer hohen funktionellen Rationalisierung dar. Daneben zeigen jedoch manche Teleostierarten, die ganz verschiedenen Verwandtschaftsgruppen angehören, ein ursprünglicheres Verhalten. *Anguilla anguilla* (M o t t 1950) besitzt 2—4 solcher Arterien, die dicht hintereinander von der Aorta medialis entspringen; hier liegt also eine individuelle Variabilität vor. Bei *Osmerus eperlanus* (vgl. S. 456—457) sind 4, bei *Belone belone* (vgl. S. 461—462) 3 Versorgungsadern ausgebildet; diese beiden Arten zeigen eine besondere Ursprünglichkeit dadurch, daß bei ihnen im hinteren Bereich der Leibeshöhle zusätzlich mehrere kleinere Versorgungsadern von der Aorta medialis in deutlich segmentaler Anordnung zum Darm hin abgegeben werden.

Die Genitalarterien haben bei Teleostiern einen ganz verschiedenartigen Ursprung. Bei *Clupea harengus* (vgl. S. 449), *Scomber scombrus* (vgl. S. 468) und *Pleuronectes platessa* (vgl. Abb. 32, S. 485) wird von der Aorta medialis ein unpaarer Stamm abgegeben, der sich alsbald in die Arteria genitalis dextra und in die Arteria genitalis sinistra gabelt. M o t t (1950) traf bei *Anguilla anguilla* die gleiche Grundkonstellation an, doch sind hier die Genitalarterien durch Anastomosen mit Darmarterien verbunden. Bei *Coregonus lavaretus* (vgl. S. 453) wird die Genitalarterie von der Arteria coeliaca-mesenterica entlassen. Bei *Sebastodes auriculatus* (A l l e n 1905) und *Trigla gurnardus* (vgl. S. 475) nehmen die Arteriae genitales getrennt ihren Ursprung von der Arteria mesenterica, doch beteiligt sich eine Ader, die weiter hinten von der Aorta medialis entspringt, an der Versorgung der Gonaden. Ähnlich sind die Verhältnisse bei *Belone belone* (vgl. S. 462), wo neben den von der Arteria coeliaca-mesenterica stammenden Hauptarterien auch ein Zweig der Arteria mesenterica posterior die Gonaden mit arteriellem Blut versorgt. Bei *Osmerus eperlanus* (vgl. S. 457) wird die Arteria genitalis sinistra von der Arteria mesenterica anterior, die Arteria genitalis dextra von der Arteria intestinalis posterior abgegeben. Bei *Scorpaenichthys marmoratus* (A l l e n 1905) werden zwei, bei *Ophiodon elongatus* und *Hexagrammus decagrammus* drei Arterien von der Aorta medialis zur Versorgung der Gonaden abgegeben; diese Arterien zweigen sich jeweils auf der dorsalen

und der medialen Seite der Gonaden auf, ohne daß es hier, wie sonst allgemein verbreitet, zur Ausbildung von Längsgefäßen kommt.

7. Abänderungen des arteriellen Gefäßsystems beim Auftreten akzessorischer Atmungsorgane

Vertreter der verschiedensten Verwandtschaftsgruppen der Teleostier haben Anpassungen und Einrichtungen entwickelt, die es ihnen ermöglichen, atmosphärischen Sauerstoff zu veratmen. Im einfachsten Falle ist, wie bei *Anguilla anguilla* (Carter 1957 nach Krogh 1904), die feuchte Haut in ausreichendem Maße zur Aufnahme atmosphärischen Sauerstoffs befähigt. Bei den von Schöttle (1932) untersuchten Gobioidei, die ebenfalls, wenn auch vornehmlich auf die Kopfregion beschränkt, die Fähigkeit zur Hautatmung besitzen, ist darüber hinaus das Mundhöhlen- und Kiemenhöhlenepithel vascularisiert. Bei all diesen Arten sind die respiratorisch wirksamen Bezirke durch normale Arterien in das Blutkreislaufsystem eingeschaltet. So wird der Rumpfhaut von der Aorta medialis durch die Segmentalarterien Blut zugeführt; bei den Gobioidei werden die respiratorisch wirksamen Bezirke, die bei den einzelnen Arten eine unterschiedliche Ausdehnung haben, durch Zweige der folgenden Arterien versorgt: Carotis externa, Carotis interna, Arteria mandibularis afferens, Arteria hypobranchialis media, Arteria subclavia. Diejenigen Arterien, die jeweils in den Dienst der akzessorischen Atmung gestellt sind, zeichnen sich durch besondere Stärke und reiche Verzweigung aus.

Bei diesen Arten dürfte eine akzessorische Atmung beim Aufenthalt im Wasser kaum eine Rolle spielen, da den respiratorisch wirksamen Bezirken ja bereits sauerstoffhaltiges Blut zugeleitet wird. Eine Ausnahme bildet lediglich *Boleophthalmus viridis* (Schöttle 1932), wo, wie schon S. 480 erwähnt, der Truncus arteriosus sich über die Arteriae afferentes I hinaus fortsetzt und durch zwei Gabeläste mit den Arteriae mandibulares afferentes kommuniziert. Hier erhält das respiratorisch wirksame Epithel ein sauerstoffarmes Blut, so daß bereits im Wasser eine Sauerstoffaufnahme zu erwarten ist.

Bei der Aufnahme von Luftsauerstoff wird bei den oben genannten Arten das in den respiratorisch wirksamen Bezirken arte-

riell gewordene Blut durch normale Venen gesammelt und dem Herzen zugeführt. Bei all diesen Arten führt das Herz dann ein arteriell-venöses Blutgemisch.

Bei den bislang angezogenen Beispielen einer akzessorischen Atmung — eine Ausnahme bildet *Boleophthalmus viridis* (Schöttle 1932) — ist eine Abänderung des arteriellen Gefäßsystems nur insofern festzustellen, als gewisse Arterien eine stärkere Ausprägung erfahren haben. Die Situation kann jedoch völlig anders werden, wenn akzessorische Atmungsorgane in den Kiemenkreislauf eingeschaltet werden. Bei den Clariinae (Rauther 1940) sitzen die baumartig verzweigten akzessorischen Atmungsorgane mit knorpeligen Stützen den Epibranchialia des 2. und 4. Kiemenbogens auf. Diese Organe sind durch die afferenten Arterien des 2. und 4. Kiemenbogens als zuführende und die efferenten Arterien eben dieser Kiemenbögen als abführende Gefäße an den Blutkreislauf angeschlossen. Nawar (1955) gibt für *Clarias lazera* die gleiche Grundkonstellation an, doch sind die afferenten Arterien des 2. Kiemenbogens nur in geringem Maße an der Versorgung des akzessorischen Atmungsorgans beteiligt. Die Arteriae afferentes IV dagegen zweigen sich reich auf; das arterielle Blut wird von Adern gesammelt, die im epibranchialen Bereich in die Arteriae efferentes IV einmünden. Moussa (1956) gibt für die gleiche Art außerdem zwei Arterien an, die von dem akzessorischen Atmungsorgan das sauerstoffhaltige Blut direkt den Aortae laterales zuführen. Angesichts der auf eine genaue Untersuchung hindeutenden Zeichnungen von Nawar (1955) erscheint es als höchst unwahrscheinlich, daß dieser Autor diese beiden doch recht auffälligen Adern übersehen haben könnte. Damit aber gewinnt die Vermutung Raum, daß vorgenannte Autoren unter dem gleichen Artnamen verschiedene Arten beschrieben haben.

Bei den „Labyrinthfischen" (Osphromenidae, Anabantidae, Luciocephalidae) wird das der Luftatmung dienende Organ, die Labyrinthtasche, von Knochenlamellen gestützt, die von den Epibranchialia I ausgehen. Hier ist es zu einer weitgehenden Umgestaltung des Arteriensystems gekommen. Als beispielhaft sollen die Verhältnisse bei *Anabas scandens* (Hennig er 1908) gelten: Die Arteriae efferentes I + II erschöpfen sich vollkommen in der Versorgung des Labyrinths; das hier zusätzlich mit Sauerstoff angereicherte Blut wird von der Vena labyrinthica der Vena jugularis zugeleitet; das Herz führt also auch hier ein arteriell-venöses Blut-

gemisch. Die Arteriae efferentes III + IV bilden jederseits einen gemeinsamen Stamm; diese Stämme vereinigen sich in der Medianen zur Aorta medialis. Doch werden vorher von den jederseits gemeinsamen Mündungsstämmen der Arteriae efferentes III + IV die Carotides communes rostrad abgegeben. Außerdem wird von dem vereinigten Mündungsstamm der Arteriae efferentes dextrae III + IV die Arteria coeliaca-mesenterica entlassen.

Bei *Monopterus albus* (Z u i e w 1793), dessen Blutgefäßsystem L i e m (1961) unter dem Synonym *Fluta alba* beschrieben hat, entsteht die Aorta medialis durch Vereinigung der Arterien des 4. Kiemenbogens. Diese Arterien lösen sich nicht in Kiemenkapillaren auf, sondern bilden eine direkte Verbindung vom Truncus arteriosus zu dem dorsalen Längsgefäß; sie stellen den persistierenden embryonalen Aortenbogen dar. Von der Aorta medialis werden sofort die Arteriae subclaviae und dicht dahinter die Arteria coeliaca-mesenterica als mächtiger Stamm abgegeben. Die efferenten Arterien der ersten drei Kiemenbögen setzen sich nicht ventrad in Versorgungsgefäße fort. Die Arteriae efferentes I + II münden dorsad in die allerdings schwachen Aortae laterales ein, die ihrerseits von den Arterien des 4. Kiemenbogens kurz vor deren Vereinigung zur Aorta medialis aufgenommen werden. Die Carotides internae bilden die rostrale Fortsetzung der Aortae laterales; die Carotides externae dagegen werden schon von den Arteriae efferentes I entlassen. Die Arteriae efferentes III haben keine Verbindung zu den dorsalen Längsgefäßen, sie lösen sich vielmehr in dem respiratorisch wirksamen Epithel der Mundhöhle und des Oesophagus auf. Das hier mit Sauerstoff angereicherte Blut wird durch die vorderen Kardinalvenen dem Herzen zugeführt. Die Arteriae afferentes III geben jeweils kurz nach ihrem Ursprung eine Ader ab, die den Ventralbereich des Pharynx und des Oesophagus sowie das Herz versorgen. Die Arteriae afferentes I geben vor Erreichen des 1. Kiemenbogens jeweils eine Ader rostrad ab, deren Versorgungsgebiete etwa dem der Arteriae mandibularum afferentes bei anderen Fischen entsprechen. Aus dieser Gefäßkonstellation ergibt sich, daß nur die Karotiden reines arterielles Blut erhalten; das Herz und alle anderen Versorgungsgefäße führen ein arteriell-venöses Blutgemisch. Nach L i e m (1961) wird der geringere Sauerstoffgehalt in diesen Gefäßen durch den höheren Blutdruck ausgeglichen, wodurch ein schnellerer Umlauf des Blutes erreicht wird.

Volz (1907) gibt für *Monopterus albus* unter dem Synonym *Monopterus javanensis* eine Aufnahme von Luftsauerstoff im hinteren Bereich des Darmtraktes an. Hier dient die Arteria coeliaca-mesenterica als zuführendes Gefäß — diese Tatsache würde auch die starke Ausprägung der Arteria coeliaca-mesenterica bei dieser Fischart verständlich machen — während das sauerstoffhaltige Blut durch die Vena portae zur Leber und dann durch die Vena hepatica zum Herzen fließt.

Eine Beteiligung des Darmes sowie des Magens an der Atmung ist auch von anderen Arten aus den verschiedensten Verwandtschaftsgruppen bekannt. Fernerhin kann die Schwimmblase tertiär wieder in den Dienst der Veratmung von Luftsauerstoff gestellt werden (z. B. *Erytrinus* — Carter 1957). Diese Organe werden auch dann in herkömmlicher Weise versorgt; lediglich die zuführenden Adern sind stärker ausgebildet. Auf Einzelheiten soll hier nicht weiter eingegangen werden.

III. Zur Frage einer Gruppenspezifität in der Anordnung arterieller Gefäße bei den Teleostiern

Die Fischarten, deren arterielle Hauptgefäßstämme im ersten Teil dieser Arbeit beschrieben sind, gehören den folgenden systematischen Gruppen an, in die im angelsächsischen Schrifttum der Gesamtbestand der Teleostier — allerdings mit Ausnahme der Ostariophysi, Apodes und einiger kleinerer Gruppen — meist aufgegliedert wird:

a) Isospondyli *(Clupea, Coregonus, Osmerus)*,
b) Mesichthyes *(Belone)*,
c) Acanthopterygii *(Scomber, Trigla, Pleuronectes)*.

Während die Mesichthyes schon seit längerem als eine heterogene Gruppe erkannt worden sind, deren einzelne Ordnungen ohne nähere phylogenetische Beziehungen zwischen ihnen nebeneinander stehen, bilden einerseits die ursprünglichen Isospondyli und andererseits die meist höher spezialisierten Acanthopterygii relativ geschlossene Verwandtschaftsgruppen. Aus dieser systematischen Situation heraus ergibt sich für die vergleichende Diskussion zunächst die Frage, ob sich vielleicht auch aus der Topographie des arteriellen Blutgefäßsystems einheitliche diagnostische Kriterien für diese beiden Verwandtschaftsgruppen ableiten ließen.

Ein solches Kriterium könnte in der Ausbildung des hypobranchialen arteriellen Teilsystems liegen. Während bei den Isospondyli die Arteria hypobranchialis media ihren übrigens häufig asymmetrischen Ursprung von den efferenten Arterien des zweiten oder dritten Kiemenbogens nehmen kann, wurzelt diese Versorgungsader bei den Acanthopterygii konstant in den Ventralenden der Arteriae efferentes II. Darüber hinaus ist die Arteria hypobranchialis media bei den Acanthopterygii viel stärker ausgeprägt. Doch ist diese Tatsache offenbar funktionsbedingt, da diese Arterie auch die bei den Acanthopterygii nach vorn verlagerten Bauchflossen versorgt. Man müßte daher, ehe man in dieser Frage zu einem abschließenden Urteil gelangt, Untersuchungen an Isospondyli mit brustständigen Bauchflossen (z. B. *Pantodon, Bathyclupea)* abwarten.

An der Versorgung der Pseudobranchie ist bei den meisten Acanthopterygii die Carotis externa sehr wesentlich beteiligt, doch wird diese Verhaltensweise der Carotis externa auch bei manchen Isospondyli beobachtet. Fernerhin zeichnet sich im Ursprung dieser Arterie ein Unterschied ab, indem bei den meisten Isospondyli die Carotis externa und die Carotis interna unmittelbar nebeneinander entspringen, während bei den meisten Acanthopterygii eine, wenn auch häufig nur kurze, Carotis communis — eine Ausnahme bilden die Gadiformes — als ihr gemeinsamer Stamm ausgebildet ist. Doch liegt auch hier kein durchgängiges Merkmal vor, da eine Carotis communis auch bei manchen Isospondyli angetroffen wird. Ein weiterer Unterschied ist dadurch gegeben, daß zumindest bei den von mir untersuchten Isospondyli — bei *Malacosteus niger* und *Photostomias guernei* (Günther und Deckert 1956) ist diese Frage nicht entschieden — die Carotides internae nebeneinander in das Cavum cranii eintreten, ohne eine Anastomose miteinander einzugehen. Bei den Acanthopterygii dagegen ist fast regelmäßig der „Circulus cephalicus" ausgebildet.

Wenn man nun noch die bei vielen Acanthopterygii zu beobachtende Besonderheit hervorhebt, die in dem asymmetrischen Ursprung der Arteria coeliaca-mesenterica von dem vereinigten Mündungsstamm der Arteriae efferentes dextrae III + IV oder gar, wie bei den untersuchten Gadiformes, von der Aorta lateralis dextra liegt, dann sind die Merkmale schon erschöpft, die uns gestatten würden, die Isospondyli von den Acanthopterygii abzuheben.

Es erhebt sich weiterhin für uns die Frage, wie sich die untersuchten Mesichthyes und die zwischen diesen und den Isospondyli eingeordneten Ostariophysi und Apodes in das vorstehend gezeichnete Bild einfügen lassen. Die zu den Mesichthyes zählende *Belone belone* tendiert in der Ausbildung des hypobranchialen arteriellen Teilsystems zu den Isospondyli; die Ausbildung einer Carotis communis, die alleinige Versorgung der Pseudobranchie durch die Carotis externa sowie insbesondere der asymmetrische Ursprung der Arteria coeliaca-mesenterica von dem vereinigten Mündungsstamm der Arteriae efferentes dextrae III + IV stellen diese Art jedoch näher zu den Acanthopterygii. Bei *Esox lucius* (Allis 1912), einer Art, die früher meist (in der Ordnung der Haplomi) zu den Mesichthyes gestellt, neuerdings von Gosline (1960) mit Entschiedenheit den Isospondyli zugeordnet wurde, ermöglicht die Abgabe der Arteria coeliaca-mesenterica unmittelbar hinter der Einmündung der Arteriae efferentes III + IV eher einen Vergleich mit den Acanthopterygii; in der Ausbildung des hypobranchialen arteriellen Teilsystems hingegen steht diese Art den Isospondyli nahe. Die alleinige Versorgung der Pseudobranchie von der Carotis interna her, wie bei *Esox lucius*, ist auch von *Amia calva* (Allis 1912) und *Ameiurus* (Allis 1908) bekannt, eine Beteiligung der Carotis interna ist auch für Vertreter der Gattung *Gadus* (Bridge 1904, Allis 1912) beschrieben, so daß diesem Merkmal für unsere Frage keine Bedeutung beigemessen werden kann.

Der Besitz einer Carotis communis würde die Apodes, sofern man die Untersuchungen an *Conger conger* (Silvester 1904) und *Anguilla anguilla* (Mott 1955) als repräsentativ ansieht, den Acanthopterygii nähern; doch weist die exceptionelle Versorgung des Herzens von dem epibranchialen Bereich der Arteriae efferentes II diese Gruppe auch für den hier berührten morphologischen Bereich als durchaus eigenständig aus. Erschwert wird die Beurteilung durch das Fehlen der Pseudobranchie, was zu einer sekundären Vereinfachung des arteriellen Blutgefäßsystems geführt hat.

Bei den Ostariophysi zeigen hinsichtlich des Ursprungs der Arteria coeliaca-mesenterica manche Vertreter, wie die meisten Isospondyli, ein ursprüngliches Verhalten, während andere durch eine Vorverlegung des Ursprungs dieser Arterie sich den Verhältnissen bei den Acanthopterygii annähern. Bei der Abgabe der Kopfarterien ist die Situation ähnlich, indem bei manchen Ostariophysen-Arten diese Arterien unmittelbar nebeneinander entlassen

werden, während bei anderen eine Carotis communis ausgebildet ist. Bei manchen Formen werden jedoch die Carotis externa und die Carotis interna getrennt abgegeben. Dieses Verhalten der Kopfarterien ist sonst nur noch von Gadiden, *Monopterus albus* (Liem 1961) und *Anoplopoma fimbria* (Allen 1905) bekannt. Bei der Gattung *Gadus* selbst treffen wir auch die bei den Acanthopterygii sonst bisher nicht beschriebene Beteiligung der Carotis interna an der Versorgung der Pseudobranchie an. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß Berg (1958) jede Verwandtschaft der Gadiformes, die auch sonst charakteristische Eigentümlichkeiten in der Topographie ihres arteriellen Gefäßsystems zeigen, mit den Acanthopterygii bestreitet und diese Gruppe von den Holostei, und zwar von Formen, die den ausgestorbenen Pachycormiformes nahestehen, ableitet. Es könnte somit das Verhalten der Kopfarterien bei den Gadiden ein Indiz sein, das die Ansicht von Berg stützt.

Aus den vorstehenden Erörterungen geht hervor, daß es keine durchgängigen Unterscheidungsmerkmale gibt, die eine diagnostische Trennung der Isospondyli und der Acanthopterygii nach der Topographie der Arterienstämme möglich machen würden. Es lassen sich vielmehr nur Entwicklungstendenzen zu, wie wir annehmen müssen, funktionell günstigen Gefäßkonstellationen erkennen, die offenbar in den einzelnen Verwandtschaftsgruppen verschieden stark wirksam sind und somit bestimmte Verhaltensmodi der Arterienstämme in einzelnen Gruppen besonders häufig manifest werden lassen.

E. Zusammenfassung

1. Die arteriellen Gefäßstämme wurden hier für die folgenden Teleostierarten untersucht und beschrieben: *Clupea harengus, Coregonus lavaretus, Osmerus eperlanus, Belone belone, Scomber scombrus, Trigla gurnardus;* bei *Pleuronectes platessa* ist ein Unterschied zu dem Befund von Cole und Johnstone (1901) im Verhalten der Arteriae branchiales efferentes III + IV dargelegt.

2. Als funktionsbedingte Abänderungen im Verlauf und in der Anordnung von Arterien sind die folgenden Befunde zu werten:

a) bei *Belone belone* das völlige Aufgehen der Arteria mandibularis afferens in der Ernährung des Musculus protractor hyoidei, des Hauptatemmuskels dieser Fischart, und die damit zusam-

menhängende Ausdehnung des Versorgungsgebietes der Carotis externa;

b) bei *Trigla gurnardus* die starke Ausprägung der Arteria hypobranchialis media im Zusammenhang mit der Umgestaltung der drei untersten Flossenstrahlen der Brustflossen zu Bewegungs- und Stützorganen, den Appendices dactyloidei;

c) bei *Pleuronectes platessa* die Speisung der Arteria coeliaca-mesenterica durch die Arteriae branchiales efferentes III + IV beider Seiten, eine Erscheinung, die offenbar bei der dorsoventralen Ausdehnung des Körpers bei gleichzeitiger lateraler Abflachung ein funktionelles Optimum in der Versorgung des Rumpfes darstellt.

3. Die vergleichende Betrachtung der hier gewonnenen und durch die vorliegende Literatur ausgewiesenen Untersuchungsergebnisse über das arterielle Gefäßsystem bei Teleostiern hat ergeben, daß aus der Topographie des Arteriensystems keine diagnostischen Kriterien zu gewinnen sind, die eine Zuordnung einzelner Teleostierarten zu den großen Verwandtschaftskreisen der ursprünglichen Isospondyli einerseits und der hoch entwickelten Acanthopterygii andererseits gestatten würden. Es lassen sich vielmehr nur in einzelnen Versorgungsbereichen Entwicklungstendenzen zu einer bestimmten Gefäßkonstellation erkennen. Diese Entwicklungstendenzen sind in allen Verwandtschaftsgruppen festzustellen, was als Anzeichen einer funktionellen Wertigkeit zu deuten ist; doch sind diese Entwicklungstendenzen in den einzelnen Verwandtschaftsgruppen verschieden stark ausgeprägt. Die unterschiedliche Stärke einer Entwicklungstendenz kann sich einmal in einem seltenen bzw. häufigen Auftreten eines bestimmten Merkmals äußern, zum anderen können zwischen einem ursprünglichen Verhalten von Arterien und einer als abgeleitet erscheinenden Gefäßkonstellation, die als das jedenfalls z. Z. verwirklichte funktionelle Optimum zu gelten hat, Zwischenformen auftreten.

F. Verzeichnis der Abkürzungen

A aff (I—IV)	= Arteria (branchialis) afferens (I—IV)
A c	= Arteria coeliaca
A coe	= Arteria coeliaca-mesenterica
A cor dor	= Arteria coronaria dorsalis
A eff (I—IV)	= Arteria (branchialis) efferens (I—IV)
A hy m	= Arteria hypobranchialis media

A l	=	Aorta lateralis
A m	=	Aorta medialis
A m aff	=	Arteria mandibularis afferens
A mes a	=	Arteria mesenterica anterior
A o	=	Arteria optica
A o m	=	Arteria ophthalmica magna
A o n	=	Arteria orbito-nasalis
A ps aff	=	Arteria pseudobranchialis afferens
A ps eff	=	Arteria pseudobranchialis efferens
A s	=	Arteria subclavia
A s d	=	Arteria segmentalis dorsalis
A s l	=	Arteria segmentalis lateralis
A s v	=	Arteria segmentalis ventralis
Car com	=	Carotis communis
Car e	=	Carotis externa
Car i	=	Carotis interna
Ps	=	Pseudobranchie
r F	=	rostraler Fortsatz der Aorta
Tr a	=	Truncus arteriosus

G. Literaturverzeichnis

Allen, W. F.: The blood vascular system of the Loricati, the mail-cheeked fishes. Proc. Wash. Acad. Sc. *7*, 27—157 (1905).

Allis, E. P.: The skull and the cranial and the first spinal muscles and nerves in Scomber scomber. J. Morphol. *18*, 45—328 (1903).

— The pseudobranchial and carotid arteries in Ameiurus. Anat. Anz. *33*, 256 to 270 (1908).

— The pseudobranchial and carotid arteries in Esox, Salmo and Gadus, together with a description of the arteries in the adult Amia. Anat. Anz. *41*, 113—142 (1912).

Belling, D. E.: Der Bau der vorderen paarigen Extremitäten und des Schultergürtels der Trigla im Zusammenhang mit dem Bau entsprechender Organe bei anderen Telostei. Moscou, Bull. Soc. nat. 48—92 (1911).

Berg, L. S.: System der rezenten und fossilen Fischartigen und Fische. Berlin (1958), 310 S.

Bridge, T. W.: Fishes. The Cambr. Nat. Hist. *7*, 139—537 (1904).

Burne, R. H.: On the elastic mechanisms in fishes and a snake. Proc. zool. Soc. London, 201—204 (1909).

Carter, G. S.: Air breathing. in: Brown, M. E.: The physiology of fishes. Volume I, 65—79 New York (1957).

Cole, F. und Johnstone, J.: Pleuronectes. Liverpool Marine Biology Committee Memoirs *8*, 252 S., (1901).

Goodrich, E. S.: Studies on the structure and development of vertebrates. London (1930), 837 S.

Gosline, W. A.: Mode of life, functional morphology, and the classification of modern teleostean fishes. Systematic Zool. *8*, 160—164 (1959).

Gottschalk, C.: Die Schilddrüse von Lebistes reticulatus Peters im Individualzyklus und bei experimenteller Behandlung mit Thioharnstoff, zu-

gleich ein Beitrag zur Kenntnis des Blutgefäßsystems der Knochenfische. Jena (1955), 42. S.

Grassé, P.: Traité de Zoologie, *13*, Paris (1958), 2758 S.

Grodzinski, Z.: Das Blutgefäßsystem. In: Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs, 6, I, 2, Echte Fische 2, 1—77 (1938).

Günther, K.: Über Kieferfunktionen bei Knochenfischen, mit Hinweisen auf die Sardelle (Engraulis encrasicholus) und ihre Regulationseinrichtung für die Strömung arteriellen Blutes. SB. Ges. naturf. Fr. Berlin *2*, 135—149 (1962).

Günther, K. und Deckert, K.: Über die synkranialen Gefäßstämme des Tiefseefisches Malacosteus niger Ayres (Isospondyli, Malacosteidae). Zool. Beitr. (N. F.) *2*, 257—271 (1956).

— Morphologie und Funktion des Kiefer- und Kiemenapparates von Tiefseefischen der Gattungen Malacosteus und Photostomias (Teleostei, Isospondyli, Stomatoidea, Malacosteidae). Dana Rep. *49*, 1—54 (1959).

Hafferl, A.: Das Arteriensystem. In: Handb. d. vergl. Anat. d. Wirbeltiere, herausgeg. von Bolk, Göppert, Kallius und Lubosch, *6*, 563—684 (1933).

Harder, W.: Anatomie der Fische. Stuttgart (1964), 308 S.

Henniger, G.: Die Labyrinthorgane bei Labyrinthfischen. Zool. Jb. (Anat.) *25*, 251—304 (1908).

Kirchhoff, H.: Funktionell-anatomische Untersuchung des Visceralapparates von Clupea harengus L. Zool. Jb. (Anat.) *76*, 461—540 (1958).

Liem, K. F.: Tetrapod parallelisms and other features in the functional morphology of the blood vascular system of Fluta alba Zuiew (Teleostei). J. Morphol. *108*, 131—143 (1961).

Mott, J. C.: The gross anatomy of the blood vascular system of the eel Anguilla anguilla. Proc. Zool. Soc. London *120*, 503—518 (1950).

Moussa, T. A.: Morphology of the accessory air-breathing organs of the Teleost, Clarias lazera. J. Morphol. *98*, 125—160 (1956).

Müller, J.: Vergleichende Anatomie der Myxinoiden III. Über das Gefäßsystem. Abh. Akad. Wissensch. Berlin, Phys.-Mathem. Klasse (1841), 129 S.

Nawar, G.: On the anatomy of Clarias lazera III. The vascular system. J. Morphol. *97*, 179—214 (1955).

Neumayer, L.: Injektionstechnik für mikroskopische Untersuchungen. In: Abderhalden, Handb. d. biolog. Arbeitsmethoden, Abt. IX, Teil 1, 1, 287 bis 326 (1924).

Nikolski, G. W.: Spezielle Fischkunde. Berlin (1957), 632 S.

Pollak, A.: The main vessels of the body and the muscles in some teleost fish. Part I. The Perch (Perca fluviatilis). Acta Biol. Cracoviensia Ser. Zool. *3*, 115—138 (1960).

— The main vessels of the body and capillaries of the muscles in some teleost fish. Part II. The Pond-Loach (Misgurnus fossilis). Acta Biol. Cracoviensia Ser. Zool. *4*, 143—169 (1961).

Rauther, M.: Die Syngnathiden des Golfes von Neapel. Fauna e flora del Golfo di Napoli *36* (1925), 365 S.

— Abwandlungen des Kiemenapparates, insbesondere akzessorische Atmungsorgane. In: Bronn Klassen und Ordnungen des Tierreichs, 6, I, 2, Echte Fische 1, 736—749 (1940).

Ridewood, W. G.: On the relations of the efferent branchial blood-vessels to the „Circulus cephalicus" in teleostean fishes. Proc. zool. Soc. London, 939—956 (1899).

Rosén, N.: Studies on the Plectognaths. Arkiv för Zoologi 7 No: 25, 1—24 (1911/13).

Schöttle, E.: Morphologie und Physiologie der Atmung bei wasser-, schlamm- und landlebenden Gobiiformes. Z. wiss. Zool. *140*, 1—114 (1932).

Schummer, A.: Ein neues Mittel (Plastoid) und Verfahren zur Herstellung korrosionsanatomischer Präparate. Anat. Anz. *81*, 177—224 (1935).

— Vereinfachtes Plastoid-Korrosionsverfahren. Anat. Anz. *98*, 2—4 (1951).

Silvester, C. F.: The blood-vascular system of the Tile-fish, Lopholatilus chamaeleonticeps. Bull. Bur. Fish. Washington *24*, 89—114 (1904).

Solewski, W.: The development of the blood vessels of the gills in the sea-trout, Salmo trutta. Bull. Acad. Polon. Sci. Let. Cl. Sci. Math. Natur. Sér. B. Sci. Natur. II, 121—144 (1949).

Tchernavin, V.: Further notes on the structure of the bony fishes of the order Lyomeri (Eurypharynx). Linnean Soc. J. — Zool. *41*, 377—393 (1947).

Volz, W.: Der Circulations- und Respirationsapparat von Monopterus javanensis. Zool. Jb. (Anat.) *23*, 163—186 (1907).

Zwehl, V. v.: Über die Blutgefäßversorgung des Gehirns bei einigen Teleostiern. Zool. Jb. (Anat.) *79*, 371—438 (1961).

Anschrift des Verfassers:
Dr. Siegfried Petukat,
403 Ratingen-Tiefenbroich,
Ambrosiusring 59

Lebenslauf

Am 22. Dezember 1929 bin ich, *Siegfried Petukat*, als Sohn des Landwirtes *Friedrich Petukat* und seiner Ehefrau *Lydia*, geb. *Liedtke*, in Waltersdorf Kr. Heiligenbeil (Ostpr.) geboren. Nach der Einschulung in die Volksschule Waltersdorf (1936) besuchte ich von 1941—43 die Mittelschule in Heiligenbeil und ab Ostern 1943 die Oberschule in Braunsberg. Auf der Flucht vor den heranrückenden Russen gelangte ich im März 1945 nach Dänemark, wo ich nach der Kapitulation interniert wurde. Im Juni 1947 wurde ich zu meinen Eltern nach Vechta (Oldb.) entlassen. In Vechta vollendete ich am Gymnasium antonianum meine Schulausbildung und legte daselbst am 7. März 1951 die Reifeprüfung ab. In der Folgezeit habe ich in Gelsenkirchen gearbeitet, um mir das Studium in finanzieller Hinsicht zu ermöglichen.

Im Wintersemester 1952/53 nahm ich an der Westfälischen Wilhelmsuniversität in Münster das Studium der Naturwissenschaften in den Fächern Zoologie, Botanik, Chemie, Physik und Geographie auf; meine wissenschaftliche Ausbildung beendete ich an der Freien Universität Berlin. In den Fächern Zoologie, Botanik und Chemie waren die Herren Professoren *Baumeister*, *Günther*, *Herter*, *Kemper*, *Klemm*, *Krüger*, *Lautsch*, *Manecke*, *Micheel*, *Nachtsheim*, *Rensch*, *Strugger* und *Ulrich* meine akademischen Lehrer. Vor dem Wissenschaftlichen Landesprüfungsamt Berlin bestand ich am 23. November 1959 das Erste Staatsexamen. Danach führte ich unter der Anleitung von Herrn Prof. Dr. *K. Günther* Untersuchungen für meine Dissertation durch. Am 26. April 1962 begann meine Referendarausbildung, die am 17. Februar 1964 mit dem Zweiten Staatsexamen abgeschlossen wurde. In der Folgezeit beendete ich die vorliegende Arbeit.

Siegfried Petukat